

精选电工电路166例

黄海平　主编







机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

精选电工电路166例

黄海平　主编



机　械　工　业　出　版　社

本书的目的是帮助广大电工人员快速掌握日常工作中常见的各种电路，以解决实际工作中遇到的问题。本书叙述图文并茂，深入浅出，尤其是对电路原理的阐述非常详尽易懂，主要内容包括电动机重载起动控制电路、电动机直接起动控制电路、电动机减压起动控制电路、自动往返控制电路、电动机速度控制电路、电动机制动控制电路、电动机顺序控制电路、供排水及水位控制电路、直流电动机起动与制动控制电路，以及其他控制电路。

本书适合广大电工初学者以及上岗、转岗和再就业的电工人员阅读。

图书在版编目（CIP）数据

精选电工电路 166 例/黄海平主编. —北京：机械工业出版社，2014. 5
ISBN 978-7-111-46724-3

Ⅰ. ①精…　Ⅱ. ①黄…　Ⅲ. ①电路 – 基本知识　Ⅳ. ①TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 099517 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号　邮政编码 100037）
策划编辑：张俊红　责任编辑：闾洪庆
版式设计：赵颖喆　责任校对：陈延翔
封面设计：路恩中　责任印制：李　洋
北京振兴源印务有限公司印刷

2014 年 7 月第 1 版第 1 次印刷
169mm×239mm · 14. 25 印张 · 285 千字
0001— 3000 册
标准书号：ISBN 978-7-111-46724-3
定价：39.80 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务　　　　　　　　　网络服务
社 服 务 中 心：（010）88361066　教 材 网：http://www.cmpedu.com
销 售 一 部：（010）68326294　机工官网：http://www.cmpbook.com
销 售 二 部：（010）88379649　机工官博：http://weibo.com/cmp1952
读者购书热线：（010）88379203　**封面无防伪标均为盗版**

前言

为了更好地普及电工电路知识，帮助广大电工人员快速学习、掌握基本电工电路的识读，以此提高其操作技能水平。

本书从实际应用出发，精心选编了常用的电工电路 166 例，具有一定的代表意义，可供广大电路人员学习、应用。

本书图文并茂，深入浅出，实际应用电路很多，可举一反三，应用到实际工作中去。

本书由黄海平担任主编，黄鑫、丛立新担任副主编，参加编写的还有李燕、李志平、黄海明、李雅茜、姜文吉、李志安、黄海静、王义政、苏文广等同志。

本书在成书过程中，得到机械工业出版社电工电子分社张俊红老师的鼎力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于编写时间有限，加上作者水平所限，书中难免有错误和疏漏之处，敬请广大读者批评斧正，以便修订改正。

黄海平

2014 年夏于威海福德花园

目录

前言

第 1 章　电动机重载起动控制电路 …… 1

例 1　重载设备起动控制电路（1） …… 1
例 2　重载设备起动控制电路（2） …… 2
例 3　重载设备起动控制电路（3） …… 4
例 4　重载设备起动控制电路（4） …… 6
例 5　重载设备起动控制电路（5） …… 7

第 2 章　电动机直接起动控制电路 …… 9

例 6　仅用 4 根导线控制的正反转起停电路 …… 9
例 7　多条皮带运输原料控制电路 …… 11
例 8　利用转换开关预选的正反转起停控制电路 …… 12
例 9　起动、停止、点动混合电路（1） …… 14
例 10　起动、停止、点动混合电路（2） …… 15
例 11　单线远程正反转控制电路 …… 16
例 12　开机信号预警电路（1） …… 17
例 13　开机信号预警电路（2） …… 18
例 14　开机信号预警电路（3） …… 19
例 15　具有三重互锁保护的正反转控制电路 …… 21
例 16　电动机加密控制电路 …… 21
例 17　用一只按钮控制电动机起停电路 …… 22
例 18　单向起动、停止电路 …… 23
例 19　可逆点动与起动混合控制电路 …… 24
例 20　五地控制的起动停止电路 …… 25
例 21　用一只按钮控制电动机正反转定时停机电路 …… 25
例 22　接触器、按钮双互锁可逆起停控制电路 …… 27
例 23　只有接触器辅助常闭触点互锁的可逆点动控制电路 …… 27
例 24　一地起动四地停止控制电路 …… 29

第 3 章　电动机减压起动控制电路 …… 30

例 25　电动机△－丫起动自动控制电路 …… 30
例 26　频敏变阻器可逆自动起动控制电路 …… 31
例 27　频敏变阻器可逆手动起动控制电路 …… 33
例 28　频敏变阻器正反转手动控制电路 …… 35
例 29　频敏变阻器正反转自动控制电路 …… 37
例 30　频敏变阻器自动起动控制电路 …… 39
例 31　采用三只接触器完成丫－△减压起动自动控制电路 …… 40
例 32　延边三角形减压起动自动控制电路 …… 41
例 33　手动丫－△减压起动控制电路 …… 42

第 4 章　自动往返控制电路 …… 43

例 34　自动往返带慢速定位缓冲控制电路 …… 43
例 35　用接近开关、行程开关完成的正反转到位停止控制电路 …… 44
例 36　往返循环自动回到原位停止控制电路 …… 46
例 37　自动往返循环控制电路 …… 49
例 38　拖板到位准确定位控制电路 …… 50
例 39　仅用一只行程开关实现自动往返控制电路 …… 52
例 40　功能非常完善的自动往返控制电路 …… 53

第 5 章　电动机速度控制电路 …… 56

例 41　用三只交流接触器手动控制的双速电动机调速电路 …… 56
例 42　2丫/2丫双速电动机手动控制电路 …… 57
例 43　2△/丫双速电动机手动控制电路 …… 59
例 44　△/△双速电动机手动控制电路 …… 61
例 45　2丫/丫双速电动机手动控制电路 …… 63
例 46　双速电动机自动加速控制电路（1） …… 64
例 47　双速电动机自动加速控制电路（2） …… 65
例 48　△－△－2丫－2丫联结四速电动机手动控制电路 …… 67
例 49　△－丫－2丫联结三速电动机手动控制电路 …… 69
例 50　三速电动机手动控制调速电路 …… 71
例 51　三速电动机自动加速电路 …… 72
例 52　单相电动机简易调速电路 …… 73

第6章　电动机制动控制电路 …… 75

例53　正反转点动控制短接制动电路 …… 75
例54　电动机单向运转短接制动电路 …… 76
例55　用失电延时时间继电器做自励发电制动和短接制动延时控制电路 …… 77
例56　不用速度继电器的双向反接制动控制电路 …… 78
例57　不用速度继电器的单向反接制动控制电路（1） …… 80
例58　不用速度继电器的单向反接制动控制电路（2） …… 81
例59　两台电动机防转子摆动的能耗制动控制电路 …… 83
例60　带有限流电阻的正反转反接制动控制电路 …… 83
例61　用得电延时触点配合接触器对电动机进行可逆能耗制动控制电路 …… 85
例62　用失电延时触点配合接触器控制电动机单向能耗制动电路 …… 86
例63　电容制动电动机控制电路（1） …… 87
例64　电容制动电动机控制电路（2） …… 88
例65　单向运转反接制动控制电路（1） …… 89
例66　单向运转反接制动控制电路（2） …… 90
例67　单向运转反接制动控制电路（3） …… 92
例68　正反转反接制动控制电路 …… 94
例69　单向运转能耗制动控制电路 …… 95
例70　双向运转反接制动控制电路 …… 96
例71　具有制动功能的单相电容起动与电容运转电动机单向起停控制电路 …… 97
例72　具有短接制动功能的电动机正反转起停控制电路 …… 98
例73　单向电动机单向运转能耗制动控制电路 …… 99
例74　单相电动机双向运转能耗制动控制电路 …… 100
例75　具有自励发电和短接功能的制动控制电路 …… 101
例76　电动机可逆三相半波整流能耗制动控制电路 …… 102
例77　电动机单向三相半波整流能耗制动控制电路 …… 104
例78　半波整流单向能耗制动控制电路 …… 105
例79　全波整流单向能耗制动控制电路 …… 106
例80　半波整流可逆能耗制动控制电路 …… 107
例81　全波整流可逆能耗制动控制电路 …… 109
例82　电磁制动器制动控制电路 …… 110
例83　改进的电磁制动器制动控制电路 …… 111

例 84　单向起动串电阻反接制动控制电路 …… 112
例 85　防止制动电磁铁延时释放电路 …… 113
例 86　直流能耗制动控制电路 …… 114
例 87　单管整流能耗制动控制电路 …… 115
例 88　简单实用的可逆能耗制动控制电路 …… 116

第 7 章　电动机顺序控制电路 …… 118

例 89　两台电动机顺序起动、同时停止控制电路（1） …… 118
例 90　两台电动机顺序起动、同时停止控制电路（2） …… 119
例 91　两台电动机开机按次序从前向后自动完成而停机不按次序操作电路 …… 119
例 92　两台电动机从前向后延时起动、从后向前延时停止控制电路 …… 121
例 93　两台电动机从前向后顺序起动、从前向后顺序停止控制电路 …… 122
例 94　两台电动机任意一台先开后停、另一台后开先停顺序控制电路 …… 123
例 95　两台电动机顺序起动、顺序停止控制电路 …… 125
例 96　两台电动机顺序起动、任意停止控制电路（1） …… 126
例 97　两台电动机顺序起动、任意停止控制电路（2） …… 127
例 98　两台电动机顺序起动、任意停止控制电路（3） …… 128
例 99　两台传送带起动、停止控制电路（1） …… 128
例 100　两台传送带起动、停止控制电路（2） …… 130
例 101　两台传送带起动、停止控制电路（3） …… 132
例 102　用一只得电延时时间继电器完成两台电动机自动顺序起动、顺序停止控制电路（1） …… 133
例 103　用一只得电延时时间继电器完成两台电动机自动顺序起动、顺序停止控制电路（2） …… 134
例 104　三台电动机顺序自动起动、顺序自动停止控制电路（1） …… 135
例 105　三台电动机顺序自动起动、顺序自动停止控制电路（2） …… 137
例 106　三台电动机顺序起动、逆序停止控制电路 …… 138
例 107　三台电动机同时起动、停止时从前向后逐台自动停止控制电路 …… 139
例 108　四台电动机顺序起动、逆序停止控制电路 …… 140
例 109　六台电动机逐台延时起动电路（1） …… 142
例 110　六台电动机逐台延时起动电路（2） …… 143
例 111　六台电动机手动逐台顺序起动控制电路 …… 145
例 112　一种控制主机、辅机起停的控制电路 …… 146
例 113　主机、辅机单机/联机控制电路 …… 147

例 114　防止同时按下两只起动按钮的顺序起动、同时停止控制电路 ……… 150
例 115　效果理想的顺序自动控制电路 …………………………………… 151

第 8 章　供排水及水位控制电路 …………………………………… 152

例 116　JYB714 型电子式液位继电器供水电路 ………………………… 152
例 117　用 JYB714 型电子式液位继电器控制排水泵手动/自动电路………… 154
例 118　具有手动/自动控制功能的排水控制电路 ……………………… 155
例 119　具有手动操作定时、自动控制功能的排水控制电路 ………………… 156
例 120　供排水手动/定时控制电路 …………………………………… 158
例 121　供水泵手动/自动控制电路 …………………………………… 159
例 122　排水泵手动/自动控制电路 …………………………………… 161
例 123　供水泵故障时备用泵自投电路 ………………………………… 162
例 124　排水泵故障时备用泵自投电路 ………………………………… 164
例 125　供水泵故障互投电路 ………………………………………… 165
例 126　两台水泵电动机自动故障自投电路 …………………………… 167
例 127　两台水泵电动机转换工作并任意故障自投电路 ………………… 169
例 128　电接点压力表自动控制电路 ………………………………… 173
例 129　用电接点压力表配合变频器实现供水恒压调速电路 ……………… 174
例 130　用电接点压力表控制增压水罐自动补水电路 …………………… 176
例 131　两台水泵轮流工作控制电路 ………………………………… 177
例 132　可任意手动起动、停止的自动补水控制电路 …………………… 179
例 133　采用两只中间继电器控制的水位控制电路 ……………………… 180
例 134　防止抽水泵空抽保护电路 …………………………………… 182

第 9 章　直流电动机起动与制动控制电路 ………………………… 184

例 135　直流电动机反接制动控制电路 ………………………………… 184
例 136　直流电动机使用变阻器起动控制电路 ………………………… 184
例 137　直流电动机能耗制动控制电路 ………………………………… 185
例 138　按时间原则控制直流电动机起动电路 ………………………… 186
例 139　按速度原则控制直流电动机起动电路 ………………………… 186
例 140　按电流原则控制直流电动机起动电路 ………………………… 187

第 10 章　其他控制电路 ………………………………………… 188

例 141　甲乙两地同时开机控制电路 ………………………………… 188

例 142　低电压情况下交流接触器起动电路 …… 189
例 143　电动门控制电路 …… 190
例 144　空调机组循环泵延时自动停机控制电路 …… 192
例 145　双路熔断器起动控制电路 …… 193
例 146　GYD 系列空气压缩机气压自动开关电路 …… 195
例 147　简易限电器电路 …… 196
例 148　变频器控制电动机调速制动电路 …… 196
例 149　用一台软起动器控制两台电动机一开一备 …… 197
例 150　电动机Y－△节电转换控制 …… 198
例 151　两台电动机联锁控制电路（1） …… 199
例 152　两台电动机联锁控制电路（2） …… 200
例 153　电动机起动时间过长造成过载保护动作的电路 …… 201
例 154　用三只欠电流继电器作电动机断相保护 …… 202
例 155　采用安全电压控制电动机起停电路 …… 203
例 156　变频器控制电动机正反转调速电路 …… 204
例 157　采用速饱和电流互感器作电动机断相保护电路 …… 205
例 158　JZF 型正反转自动控制器应用电路 …… 206
例 159　防止相间短路的正反转控制电路（1） …… 207
例 160　防止相间短路的正反转控制电路（2） …… 208
例 161　用 FR－AT 三速设定操作箱控制的变频器调速电路 …… 210
例 162　多台电动机过载保护电路（1） …… 210
例 163　多台电动机过载保护电路（2） …… 211
例 164　多台电动机过载保护电路（3） …… 212
例 165　新中兴 GDH－30 数显智能电动机保护器应用电路接线 …… 213
例 166　JD－5 电动机综合保护器接线 …… 214

第 1 章　电动机重载起动控制电路

例 1　重载设备起动控制电路（1）

1. 工作原理

重载设备起动控制电路（1）如图 1-1 所示。

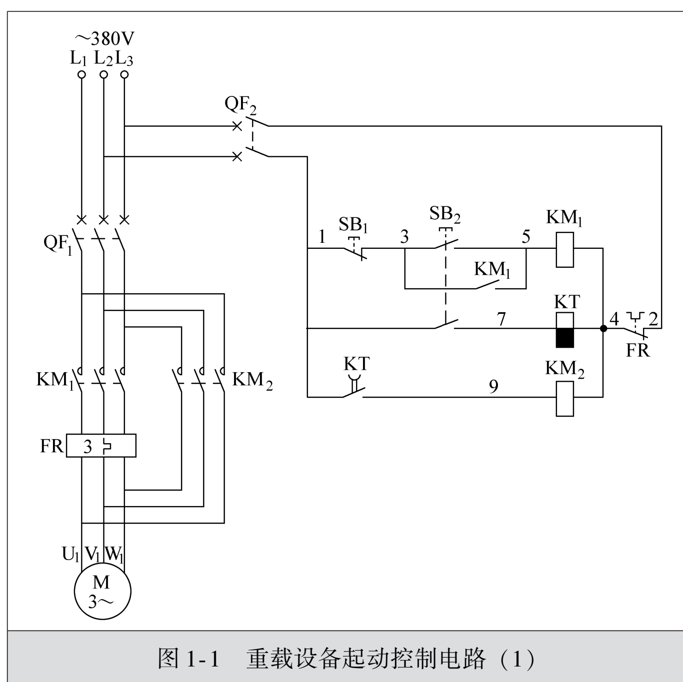


图 1-1　重载设备起动控制电路（1）

起动时，按下起动按钮 SB_2，SB_2的一组常开触点（3－5）闭合，接通交流接触器 KM_1线圈的回路电源，KM_1线圈得电吸合且 KM_1辅助常开触点（3－5）闭合自锁。与此同时，失电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合后又断电释放并开始延时，KT 失电延时断开的常开触点（1－9）立即闭合，使交流接触器 KM_2线圈得电吸合，这样 KM_1和 KM_2各自的三相主触点同时闭合（KM_2三相主触点将 KM_1三相

主触点与热继电器 FR 热元件短接起来，使热继电器 FR 热元件在重载起动时失去作用，以防出现误动作)，电动机得电重载进行起动。随着电动机转速的不断提高，达到额定转速时，电动机的电流也就降了下来，也就是说，经 KT 一段延时后，KT 失电延时断开的常开触点（1－9）断开，切断了交流接触器 KM_2线圈的回路电源，KM_2线圈断电释放，KM_2三相主触点断开，解除对热继电器 FR 热元件的短接作用，将热继电器 FR 投入电路中，在电动机出现过载时起到保护作用。从而完成电动机重载起动控制。

停止时，按下停止按钮 SB_1(1－3)，交流接触器 KM_1线圈断电释放，KM_1三相主触点断开，电动机失电停止运转。

2. 现场接线

重载设备起动控制电路（1）现场接线如图 1-2 所示。

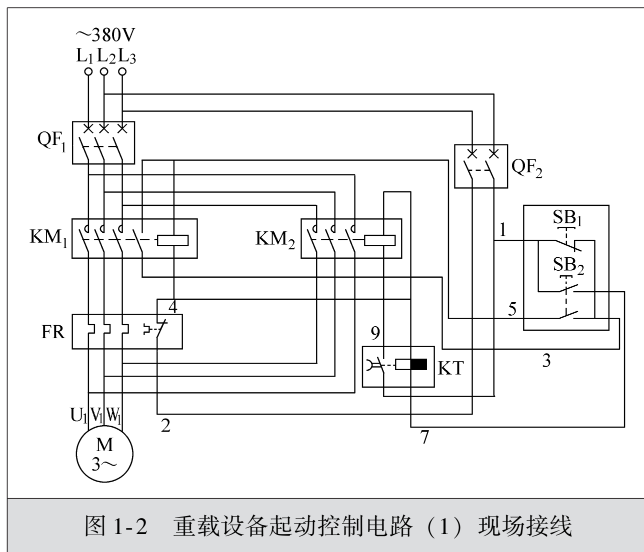


图 1-2　重载设备起动控制电路（1）现场接线

例 2　重载设备起动控制电路（2）

1. 工作原理

为了防止重载设备在起动时因起动时间过长而使得过载保护热继电器 FR 出现误动作，特在设计上做一改进。也就是说，起动时先将热继电器短接起来，待起动完毕后，再自动将热继电器接入电路，起到过载保护作用，电路如图 1-3 所示。

重载起动时，按下起动按钮 SB_2(3－5)，交流接触器 KM_1和得电延时时间继

电器 KT 线圈均得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，将过载保护用热继电器 FR 短接起来，电动机通入三相交流 380V 电源，进行重载起动。与此同时，KT 开始延时。随着电动机转速的逐渐升高，达到额定转速时，电动机的电流也降了下来，也就是说 KT 延时的这段时间，KT 得电延时闭合的常开触点（3－9）闭合，使得交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3－9）闭合自锁，KM_2 三相主触点投入电路，为解除 KM_1 主触点做准备。此时 KM_2 串联在 KM_1 线圈回路中的辅助常闭触点（5－7）断开，切断了 KM_1、KT 线圈的回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，解除对热继电器 FR 的短接作用，这样电动机绕组回路串入过载保护热继电器 FR 正常运转工作。

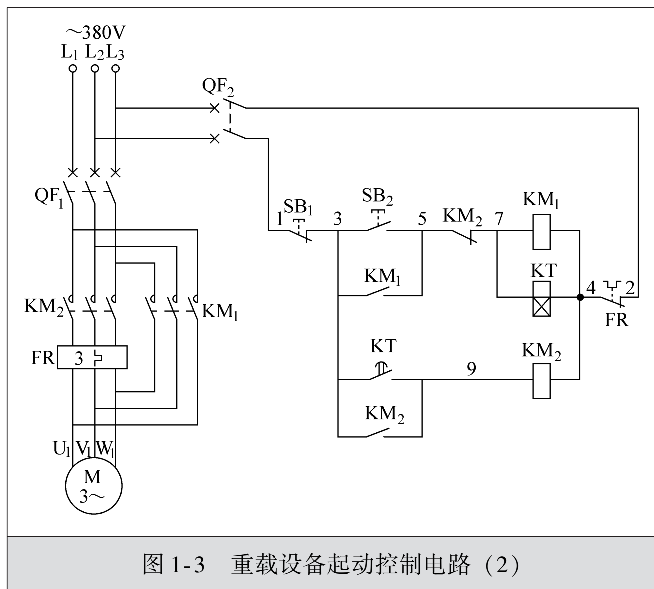


图 1-3　重载设备起动控制电路（2）

停止时，按下停止按钮 SB_1（1－3），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

当电动机在运转中出现过载时，热继电器 FR 热元件发热弯曲，推动其控制常闭触点（2－4）断开，切断交流接触器 KM_2 线圈的回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电停止运转，起到过载保护作用。

2. 现场接线

重载设备起动控制电路（2）现场接线如图 1-4 所示。

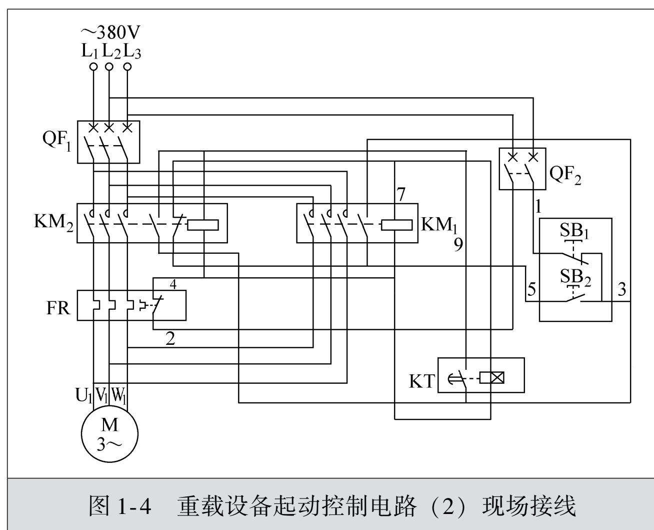


图 1-4　重载设备起动控制电路（2）现场接线

例 3　重载设备起动控制电路（3）

1. 工作原理

本电路是采用电流继电器来完成重载设备起动转换的，电路如图 1-5 所示。

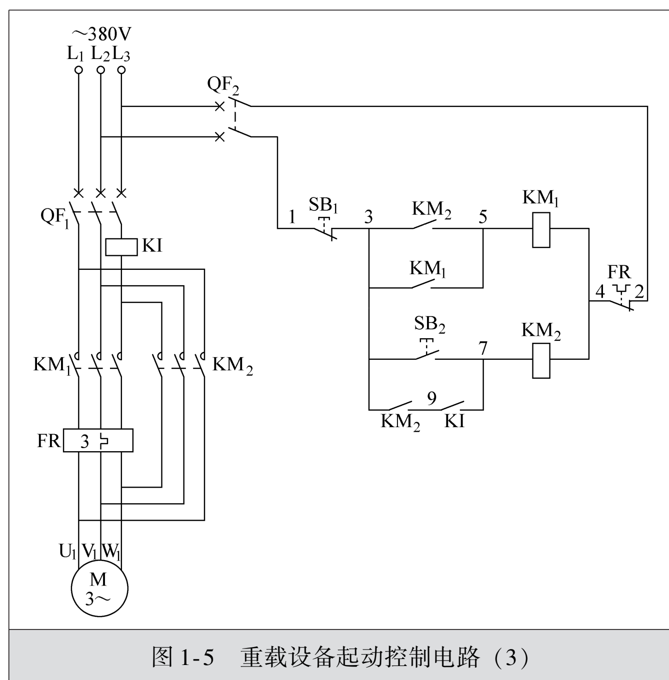


图 1-5　重载设备起动控制电路（3）

起动时，按下起动按钮 SB_2(3－7)，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，将交流接触器 KM_1 三相主触点与热继电器 FR 三相热元件短接了起来，电动机绕组串入电流继电器 KI 进行重载起动。此时电动机电流较大，KI 动作，KI 常开触点（7－9）闭合，与 KM_2 辅助常开触点（3－9）（已闭合）串联共同组成自锁回路，KM_2 线圈仍吸合工作。在 KM_1 线圈吸合后，KM_2 辅助常开触点（3－5）闭合，接通交流接触器 KM_1 线圈的回路电源，KM_1 线圈也得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，为 KM_2 解除短接做准备。随着电动机转速的逐渐升高，达到额定转速时，电动机的电流也随之降了下来，KI 动作释放，KI 常开触点（7－9）断开，使交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，解除对热继电器 FR 三相热元件回路的短接，同时 KM_2 辅助常开触点（3－5）恢复原始状态，为停止时做准备。这样，电动机绕组串入过载保护热继电器 FR 正常运转工作。至此完成重载起动控制。

停止时，按下停止按钮 SB_1(1－3)，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

2. 现场接线

重载设备起动控制电路（3）现场接线如图 1-6 所示。

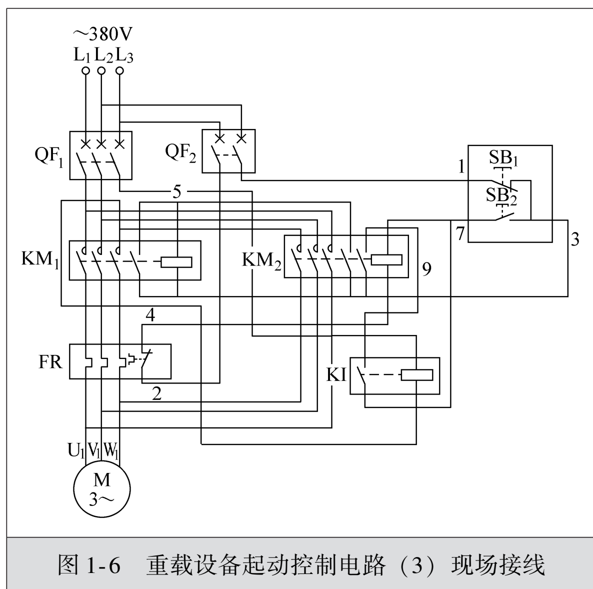


图 1-6　重载设备起动控制电路（3）现场接线

例 4　重载设备起动控制电路（4）

1. 工作原理

本电路采用电流互感器与中间继电器实现重载设备起动控制，电路如图 1-7 所示。

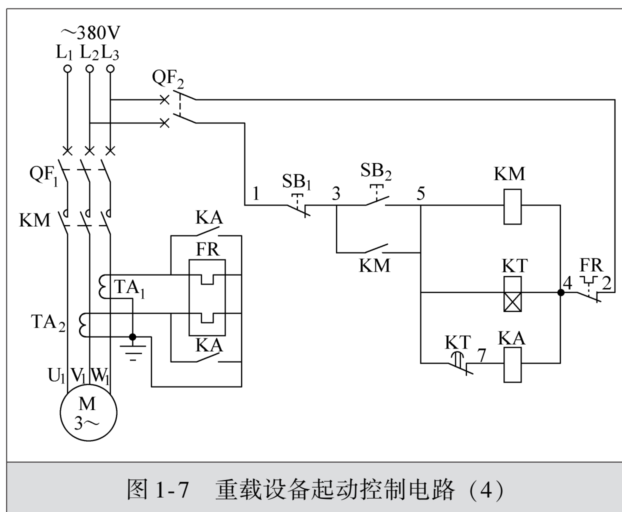


图 1-7　重载设备起动控制电路（4）

起动时，按下起动按钮 SB_2(3－5)，交流接触器 KM、得电延时时间继电器 KT 和中间继电器 KA 线圈同时得电吸合且 KM 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KT 开始延时。KA 分别并联在过载保护热继电器 FR 两只热元件上的常开触点闭合，将热元件分别短接起来，以防止电动机重载起动时，出现电流过大造成 FR 误动作。与此同时，KM 三相主触点闭合，电动机得电重载进行起动，此时无论电动机起动多长时间、电流多大，热继电器热元件 FR 都因被短接而不会动作。随着电动机转速的不断升高，升至额定转速时（也就是 KT 的延时时间)，电动机的电流降至额定电流以下，KT 得电延时断开的常闭触点（5－7）断开，切断中间继电器 KA 线圈回路电源，KA 线圈断电释放，KA 并联在热继电器 FR 热元件上的常开触点断开，将热继电器投入电路工作，起到过载保护作用。至此，完成了重载设备起动控制。

2. 现场接线

重载设备起动控制电路（4）现场接线如图 1-8 所示。

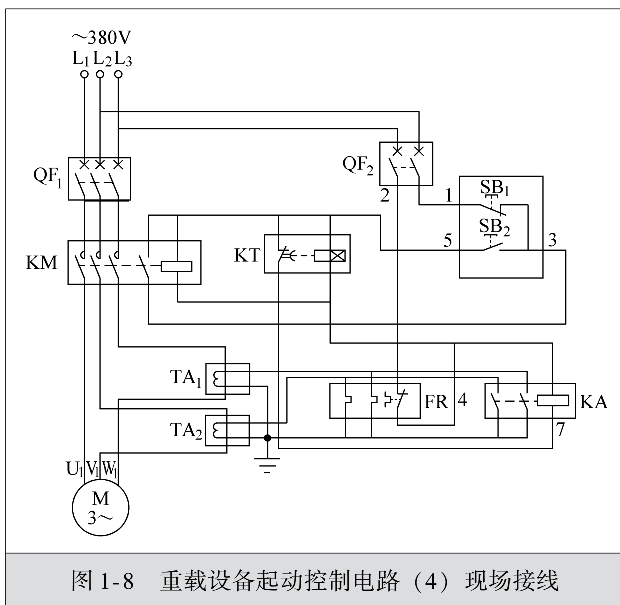


图 1-8　重载设备起动控制电路（4）现场接线

例 5　重载设备起动控制电路（5）

1. 工作原理

重载设备起动控制电路（5）如图 1-9 所示。

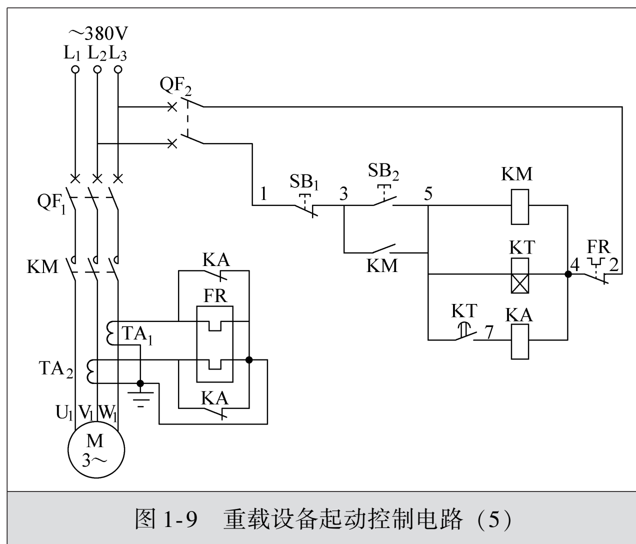


图 1-9　重载设备起动控制电路（5）

起动时，按下起动按钮 SB_2（3－5），交流接触器 KM 和得电延时时间继电器 KT 线圈均得电吸合且 KM 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KT 开始延时。为了保

证在重载起动时热继电器 FR 不会出现误动作，利用中间继电器 KA 的两组常闭触点将热继电器 FR 的热元件分别短接起来，使其不能动作。与此同时，KM 三相主触点闭合，电动机得电重载起动。当电动机的转速升高至额定转速时，电动机的电流也随之下降。经 KT 一段延时后，KT 得电延时闭合的常开触点（5 – 7）闭合，接通中间继电器 KA 线圈的回路电源，KA 线圈得电吸合，KA 分别并联在热继电器 FR 热元件上的两组常闭触点断开，将热元件投入电路工作，以保证在电动机起动运转后出现过载时，FR 动作起到保护作用。至此，起动过程结束。

2. 现场接线

重载设备起动控制电路（5）现场接线如图 1-10 所示。

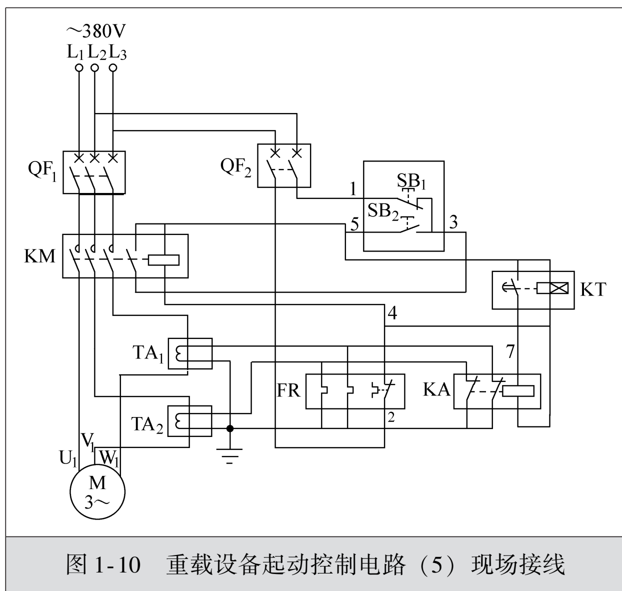


图 1-10 重载设备起动控制电路（5）现场接线

第 2 章　电动机直接起动控制电路

例 6　仅用 4 根导线控制的正反转起停电路

1. 工作原理

通常的正反转按钮互锁控制电路需从按钮上引出 5 根以上导线，本例中仅用 4 根导线，即 $1^{\#}$、$3^{\#}$、$7^{\#}$、$11^{\#}$线，如图 2-1 所示。

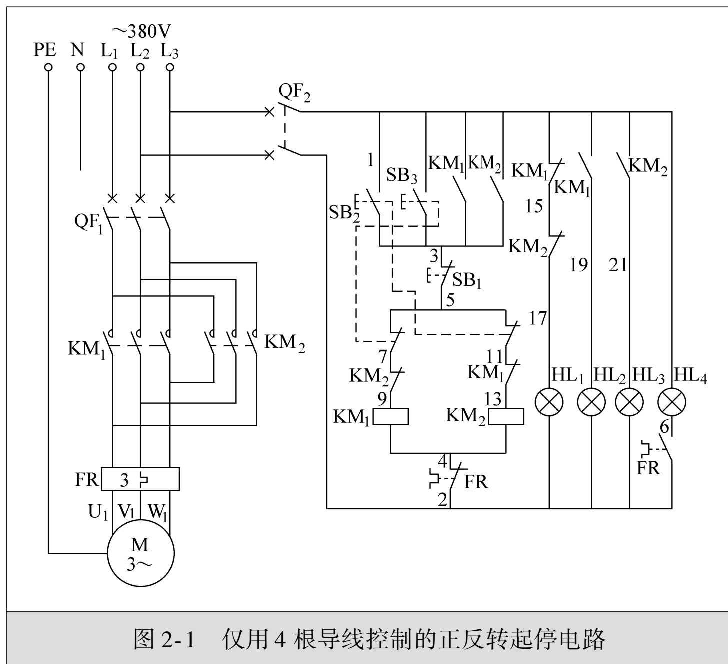


图 2-1　仅用 4 根导线控制的正反转起停电路

（1）正转起动

正转起动时，按下正转起动按钮 SB_2，SB_2的一组常闭触点（5－11）断开，切断反转交流接触器 KM_2线圈的回路电源，起到按钮互锁作用；SB_2的另一组常开触点（1－3）闭合，接通正转交流接触器 KM_1线圈的回路电源，KM_1线圈得电吸合

且 KM_1辅助常开触点（1－3）闭合自锁，KM_1三相主触点闭合，电动机得电正转起动运转。同时 KM_1的一组辅助常闭触点（11－13）断开，切断反转交流接触器 KM_2线圈的回路电源，起到接触器触点互锁作用，KM_1的另一组辅助常闭触点（1－15）断开，指示灯 HL_1灭，KM_1的另一组常开触点（1－19）闭合，指示灯 HL_2亮，说明电动机已正转了。

（2）反转起动

反转起动时，按下反转起动按钮 SB_3，SB_3的一组常闭触点（5－7）断开，切断正转交流接触器 KM_1线圈的回路电源，使正转交流接触器 KM_1线圈断电释放，KM_1三相主触点断开，电动机失电正转运转停止；KM_1所有辅助常开、常闭触点恢复原始状态。此时，反转交流接触器 KM_2线圈在反转起动按钮 SB_3的一组常开触点（1－3）的作用下得电吸合，且 KM_2辅助常开触点（1－3）闭合自锁，KM_2三相主触点闭合，电动机得电反转起动运转。同时 KM_2的一组辅助常闭触点（7－9）断开，切断正转交流接触器 KM_1线圈的回路电源，起到接触器常闭触点互锁作用，KM_2的另一组辅助常闭触点（15－17）断开，指示灯 HL_1灭，KM_2的另一组常开触点（1－21）闭合，指示灯 HL_3亮，说明电动机已反转了。

（3）停止

停止时，无论电动机处于正转还是反转运转状态，只要按下停止按钮 SB_1（3－5），都会切断其控制电动机电源的交流接触器 KM_1或 KM_2线圈的回路电源，使 KM_1或 KM_2线圈断电释放，KM_1或 KM_2各自的三相主触点断开，电动机失电停止运转。同时指示灯 HL_2或 HL_3灭，HL_1亮，说明电动机已停止运转了。

本电路比较巧妙，也非常容易记忆，两只起动按钮 SB_2、SB_3的常开触点（1－3）与 KM_1、KM_2辅助常开自锁触点（1－3）并联起来，再与停止按钮 SB_1（3－5）串联起来，然后停止按钮 SB_1的 5#线再与两只起动按钮 SB_2、SB_3的常闭触点（5－7、5－11）并联，7#、11#线分别连至正、反转控制回路即可。

2. 现场接线

仅用 4 根导线控制的正反转起停电路现场接线如图 2-2 所示。

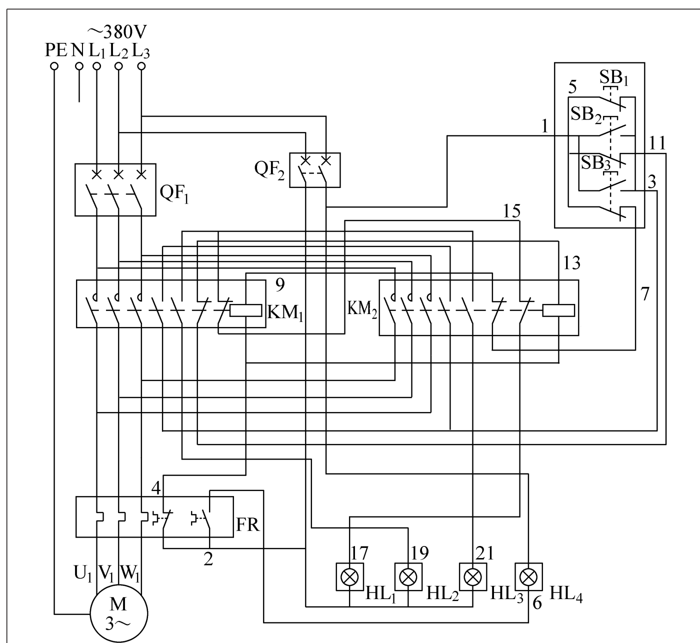


图 2-2　仅用 4 根导线控制的正反转起停电路现场接线

例 7　多条皮带运输原料控制电路

多条皮带运输原料控制电路如图 2-3 所示。

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

1. 起动

因 KM_2线圈回路中串入了一只交流接触器 KM_1辅助常开触点（9－11），所以在 KM_1未闭合之前操作第二条皮带起动按钮 SB_4(7－9）无效。从电路中可以看出，起动时必须先起动第一条皮带电动机后方可再起动第二条皮带电动机。起动时先按下第一条皮带电动机起动按钮 SB_2(3－5)，交流接触器 KM_1线圈得电吸合且 KM_1辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1三相主触点闭合，第一条皮带电动机得电先起动运转起来；在交流接触器 KM_1线圈得电吸合后，KM_1串联在 KM_2线圈回路中的辅助常开触点（9－11）闭合，为 KM_2线圈得电工作做准备。再按下第二条皮带电动机起动按钮 SB_4(7－9)，交流接触器 KM_2线圈得电吸合且 KM_2辅助常开触点（7－9）闭合自锁，KM_2三相主触点闭合，第二条皮带电动机得电后起动运转起来。从而完成起动时从前向后逐台手动起动控制。注意：在 KM_2线圈得电后，KM_2并联在第一条皮带停止按钮 SB_1(1－3）两端的辅助常开触点（1－3）闭合，将停止按钮 SB_1短接，从而限制其操作。也就是说，停止时则必须先停止第二条皮带电

动机控制交流接触器 KM_2后，方可对第一条皮带停止按钮 SB_1（1－3）进行操作，即停止时必须从后向前逐台进行控制。

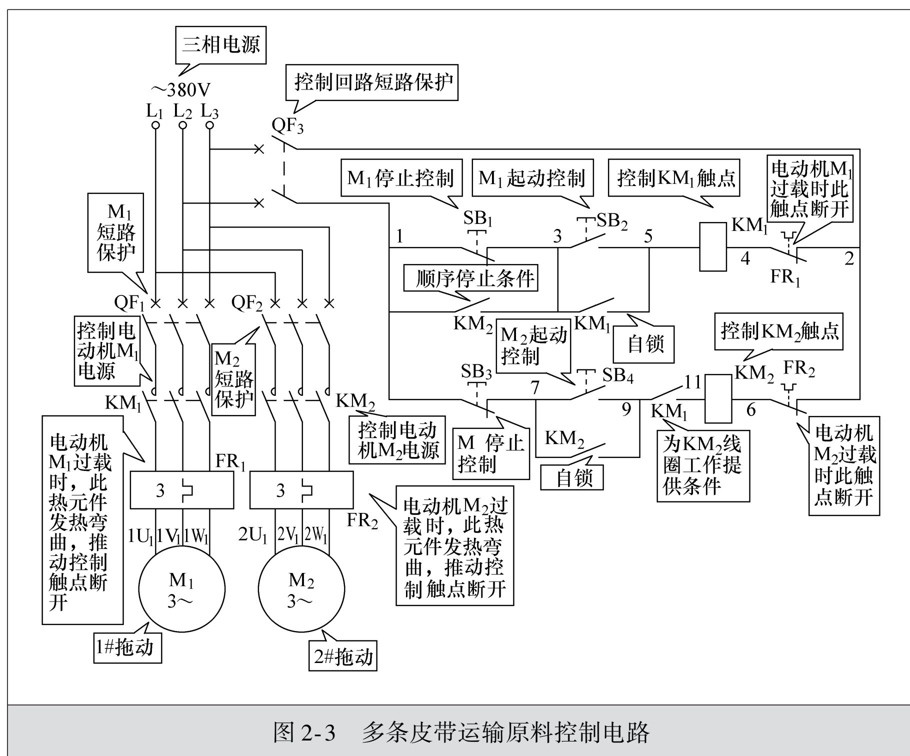


图 2-3　多条皮带运输原料控制电路

2. 停止

停止时则先按下第二条皮带电动机停止按钮 SB_3(1－7)，交流接触器 KM_2线圈断电释放，KM_2三相主触点断开，第二条皮带电动机先失电停止运转；当 KM_2线圈断电释放后，KM_2并联在 SB_1（1－3）上的辅助常开触点（1－3）断开，解除对 SB_1(1－3）的短接，可对 SB_1(1－3）进行停止操作。再按下第一条皮带电动机停止按钮 SB_1(1－3)，交流接触器 KM_1线圈断电释放，KM_1三相主触点断开，第一条皮带电动机后失电停止运转。从而完成停止时从后向前逐台手动停止控制，即停止时先停止第二条皮带电动机 M_2，再停止第一条皮带电动机 M_1。

例 8　利用转换开关预选的正反转起停控制电路

利用转换开关预选的正反转起停控制电路如图 2-4 所示。

合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作做准备。

1. 正转起动

首先将预选正反转转换开关 SA(4－6）置于上端闭合，为正转起动运转做准

备。按下起动按钮 SB_2（3－5），正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转运转，拖动设备正转工作。KM_1 线圈得电吸合后，KM_1 串联在反转交流接触器 KM_2 线圈回路中的辅助常闭触点（5－9）先断开，起互锁保护作用。

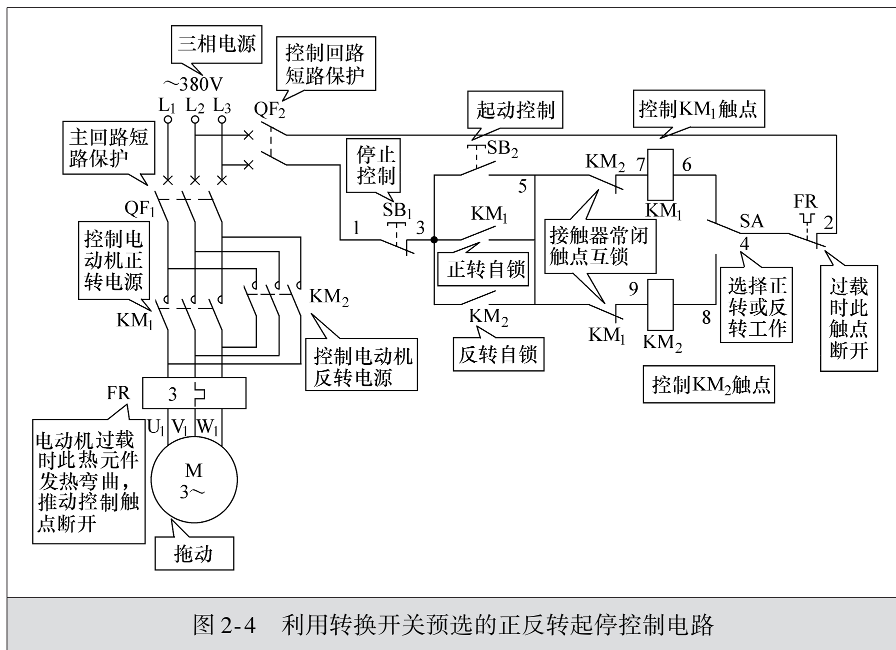


图 2-4　利用转换开关预选的正反转起停控制电路

2. 正转停止

按下停止按钮 SB_1（1－3）或将预选正反转转换开关 SA 置于下端（4－6 断开后又闭合）后再返回到上端时，正转交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电正转停止。

3. 反转起动

首先将预选正反转转换开关 SA 置于下端（4－8 闭合），为反转起动运转做准备。按下起动按钮 SB_2（3－5），反转交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转运转，拖动设备反转工作。KM_2 线圈得电吸合后，KM_2 串联在正转交流接触器 KM_1 线圈回路中的辅助常闭触点（5－7）先断开，起互锁保护作用。

4. 反转停止

按下停止按钮 SB_1（1－3）或将预选正反转转换开关 SA 置于上端（4－8 断开后又闭合）后再返回到下端时，反转交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电反转运转停止。

例9　起动、停止、点动混合电路（1）

起动、停止、点动混合电路（1）如图2-5所示。

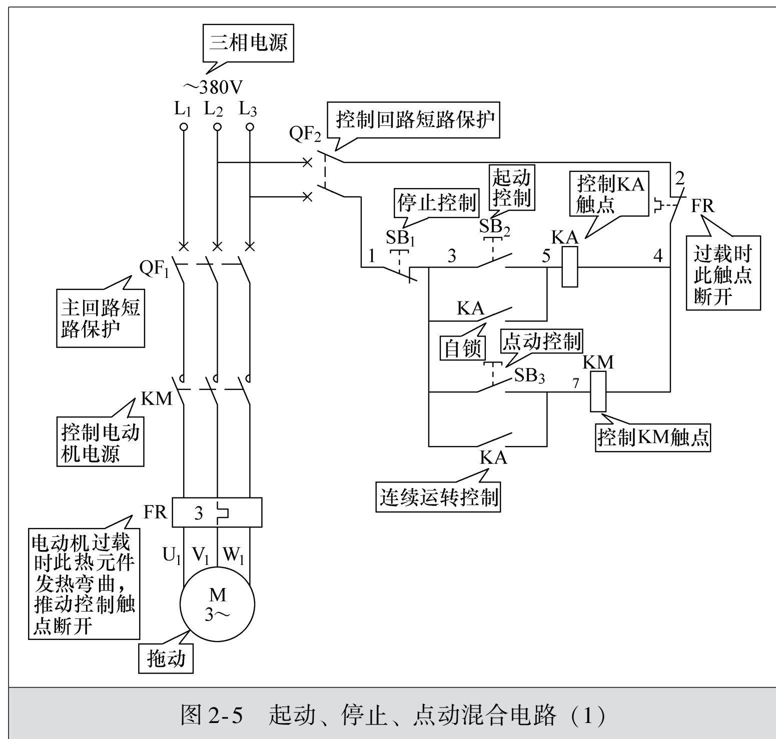


图2-5　起动、停止、点动混合电路（1）

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

1. 起动

按下起动按钮 SB_2（3－5），中间继电器KA线圈得电吸合且KA常开触点（3－5）闭合自锁，KA常开触点（3－7）闭合接通交流接触器KM线圈电源，KM三相主触点闭合，电动机得电运转工作，拖动设备工作。

2. 停止

按下停止按钮 SB_1（1－3），中间继电器KA线圈断电释放，KA常开触点（3－5、3－7）断开，交流接触器KM线圈断电释放，KM三相主触点断开，电动机失电停止运转，拖动设备停止工作。

3. 点动

按下点动按钮 SB_3（3－7）不松手，交流接触器KM线圈得电吸合，KM三相主触点闭合，电动机得电运转工作，拖动设备工作；松开点动按钮 SB_3（3－7），交流

接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，拖动设备点动停止工作。

例 10　起动、停止、点动混合电路（2）

起动、停止、点动混合电路（2）如图 2-6 所示。

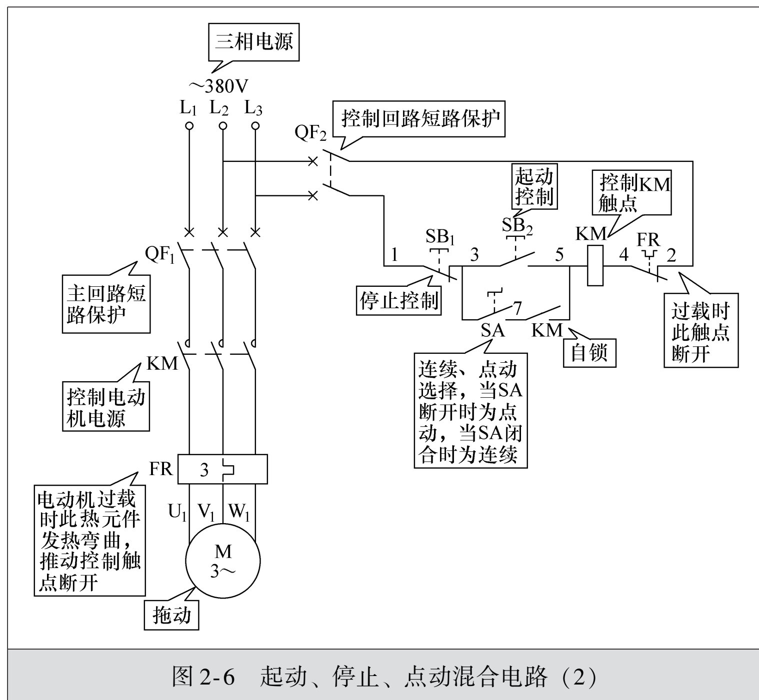


图 2-6　起动、停止、点动混合电路（2）

首先合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

1. 起动

将转换开关 SA（3－7）合上，接通自锁回路，为自锁回路工作做准备。按下起动按钮 SB_2（3－5），交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（5－7）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转，拖动设备工作。

2. 停止

按下停止按钮 SB_1（1－3），交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，拖动设备停止工作。

3. 点动

将转换开关 SA（3－7）断开，切断自锁回路，解除自锁。按下起动按钮 SB_1（3－5）不松手，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得

电运转，拖动设备工作；松开起动按钮 SB_2（3－5），交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，拖动设备点动停止工作。

例 11　单线远程正反转控制电路

在有些控制场所，如水塔与水源地之间距离很远，有的达几千米，像这样的情况，节省一根导线很有必要。现介绍一种仅用一根导线就可以完成对电动机起停和正反转的控制过程。

图 2-7 所示为单线远程正反转控制电路。

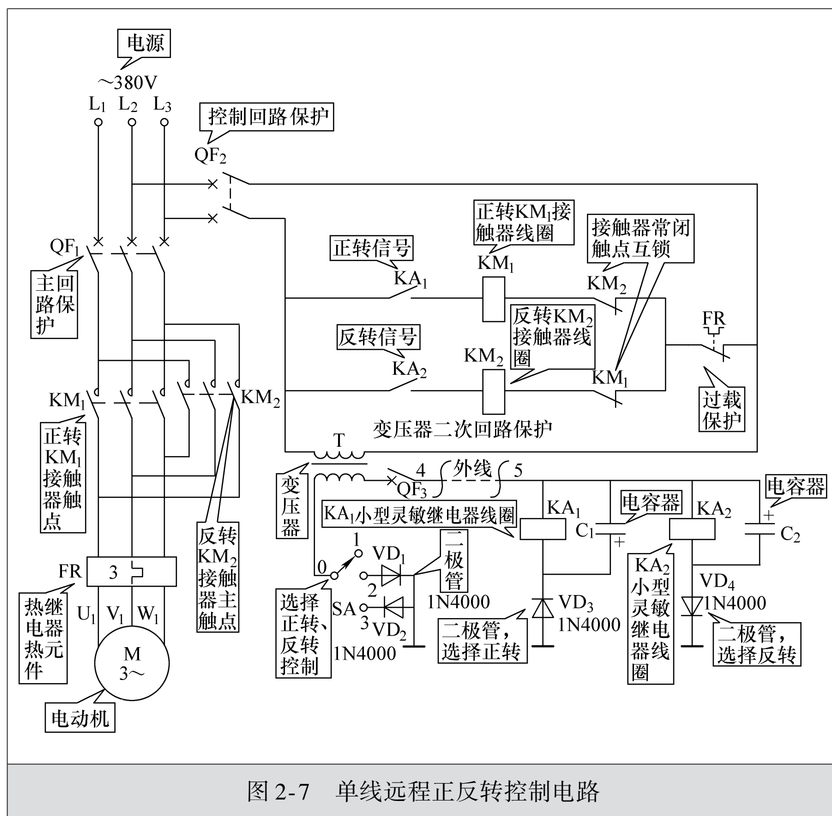


图 2-7　单线远程正反转控制电路

某人在甲地拨动多挡开关 SA，若拨到位置“1”，乙地的电动机就会因控制回路断电而停止工作；若 SA 开关拨到位置“2”，乙地的电动机控制电路因二极管 VD_1、VD_3 通过大地为顺向而导通，使小型灵敏继电器 KA_1 线圈得电吸合，KA_1 常开触点闭合，接通了正转交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转运转；若 SA 开关拨到位置“3”，乙地的电动机控制电路因二极管 VD_2、VD_4 通过大地为顺向而导通，使小型灵敏继电器 KA_2 线圈得电吸合，KA_2 常开触点闭合，接通了反转交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 得电吸

合，KM_2三相主触点闭合，电动机得电反转运转。从而完成很巧妙的控制功能选择，同时也节省了一根导线。

本电路构思巧妙，且简单实用，特别适合于需要远距离控制的场合，可节省大量导线。电路中小型灵敏继电器 KA_1、KA_2可以选用 JRX－13F 等型号，至于控制电源电压可根据甲乙两地线路的长短试验确定，根据经验通常可选用小型灵敏继电器，其线圈电压为直流 12V 或 24V，此电压很低，比较安全。

例 12　开机信号预警电路（1）

1. 工作原理

开机信号预警电路（1）如图 2-8 所示，开机时，按下起动按钮 SB_2（3－5），中间继电器 KA 和得电延时时间继电器 KT 线圈均得电吸合，且 KT 不延时瞬动常开触点（3－9）与中间继电器 KA 常开触点（5－9）均闭合串联组成自锁回路，KT 开始延时。此时，预警电铃 HA 响、预警灯 HL 亮，以告知人们设备就要起动开机了。

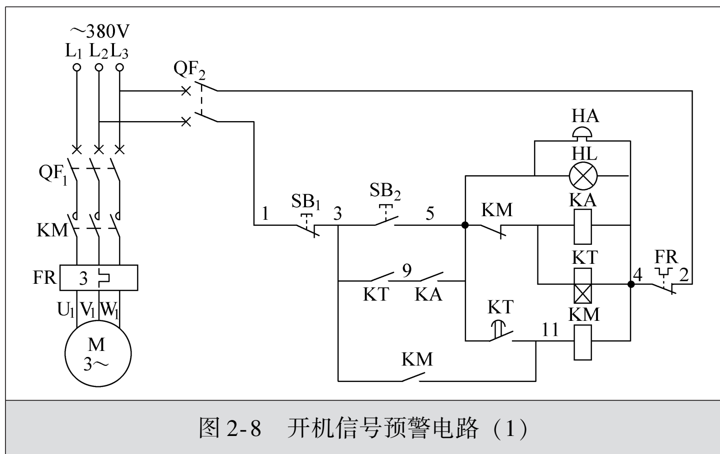


图 2-8　开机信号预警电路（1）

经 KT 一段延时后，KT 得电延时闭合的常开触点（5－11）闭合，接通交流接触器 KM 线圈的回路电源，KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（3－11）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转了。与此同时，KM 辅助常闭触点（5－7）断开，切断中间继电器 KA 和得电延时时间继电器 KT 线圈的回路电源，KA 和 KT 线圈断电释放，其各自的所有触点恢复原始状态，预警电铃 HA 停止鸣响，预警灯 HL 熄灭，解除预警信号。

2. 现场接线

开机信号预警电路（1）现场接线如图 2-9 所示。

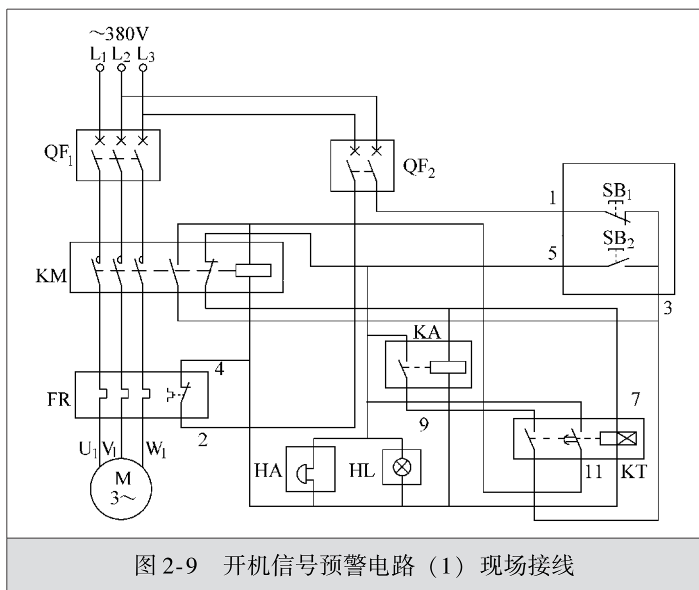


图 2-9　开机信号预警电路（1）现场接线

例 13　开机信号预警电路(2)

1. 工作原理

开机信号预警电路（2）如图 2-10 所示。起动时，按下起动按钮 SB_2(3－5)，得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KT 不延时瞬动常开触点（3－5）闭合自锁，KT 开始延时。此时，预警电铃 HA 鸣响，预警灯 HL 点亮，进行开机信号预警。经 KT 一段延时后，KT 得电延时闭合的常开触点（5－9）闭合，接通交流接触器 KM 线圈的回路电源，KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（3－9）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。与此同时，KM 串联在得电延时时

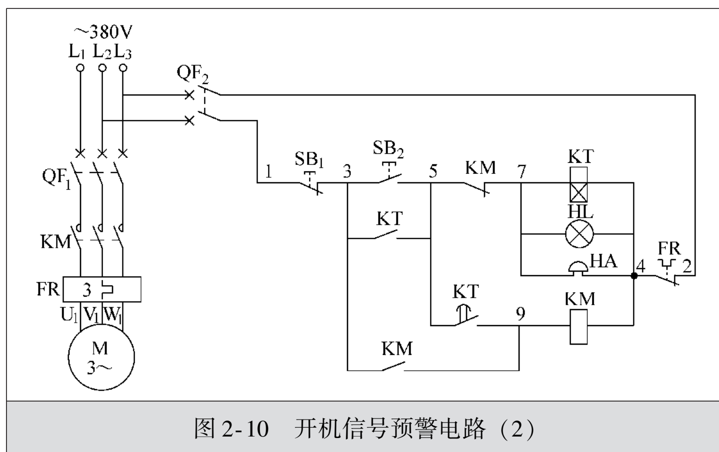


图 2-10　开机信号预警电路（2）

间继电器 KT 线圈回路中的辅助常闭触点（5－7）断开，切断 KT 线圈的回路电源，KT 线圈断电释放并解除自锁，预警电铃 HA 停止鸣响。预警灯 HL 熄灭，开机预警结束。

2. 现场接线

开机信号预警电路（2）现场接线如图 2-11 所示。

图 2-11　开机信号预警电路（2）现场接线

例 14　开机信号预警电路(3)

1. 工作原理

开机信号预警电路（3）如图 2-12 所示。开机时，按一下起动按钮 SB_2(3－5)后松开，失电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合后又断电释放，KT 开始延时。KT 失电延时闭合的常闭触点（7－11）立即断开，KT 失电延时断开的常开触点(3－7)立即闭合，接通了中间继电器 KA 线圈的回路电源，KA 线圈得电吸合且 KA 常开触点（3－7）闭合自锁，KA 常开触点（1－13）闭合，接通了预警回路电源，预警电铃 HA 响、预警灯 HL 亮，以告知人们此设备准备起动，注意安全。

经 KT 一段延时后，KT 失电延时闭合的常闭触点（7－11）恢复常闭，接通了交流接触器 KM 线圈的回路电源，KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（3－11）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。与此同时，KM 串联在中间继电器 KA 线圈回路中的辅助常闭触点（7－9）断开，切断了中间继电器 KA 线圈的回路电源；KA 线圈断电释放，KA 常开触点（1－13）断开，切断预警回路电源，预警电铃 HA 停响、预警灯 HL 熄灭，开机预警信号解除。

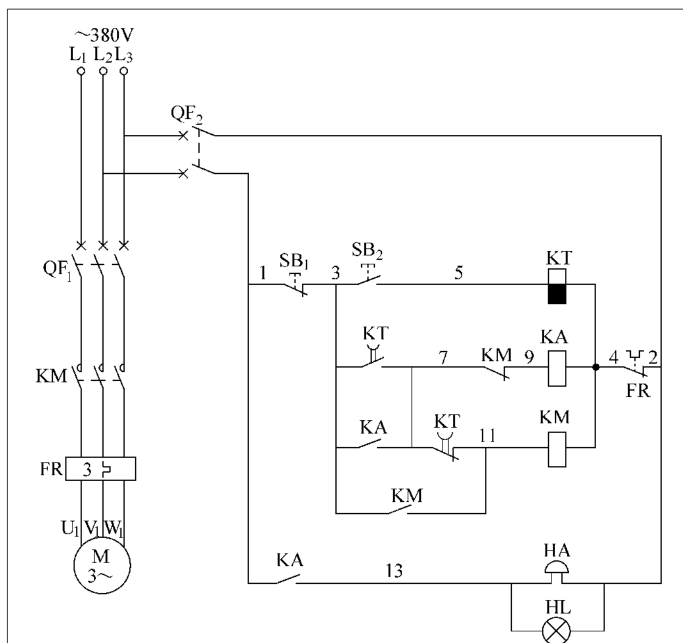


图 2-12 开机信号预警电路（3）

2. 现场接线

开机信号预警电路（3）现场接线如图 2-13 所示。

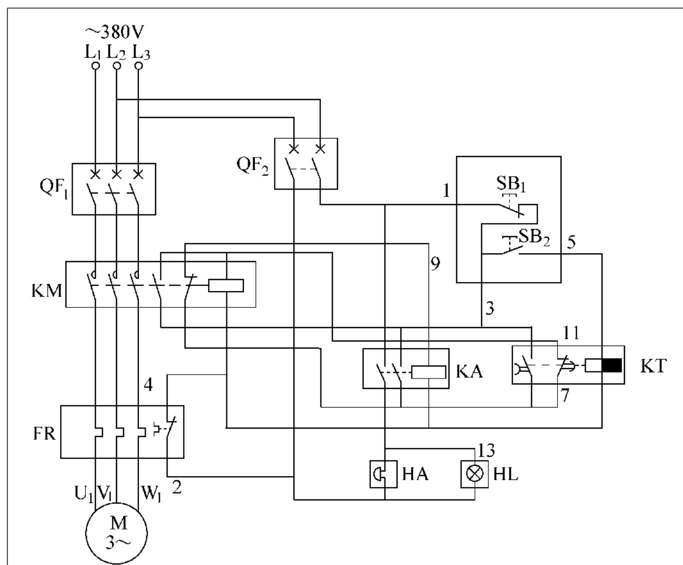


图 2-13 开机信号预警电路（3）现场接线

例 15　具有三重互锁保护的正反转控制电路

通常正反转起动电路均采用双重互锁保护，即按钮互锁、交流接触器常闭触点互锁。本电路具有三重互锁保护，即按钮互锁、交流接触器常闭触点互锁、失电延时时间继电器失电延时闭合的常闭触点互锁，可谓是互锁程度极高。

具有三重互锁保护的正反转控制电路如图 2-14 所示。

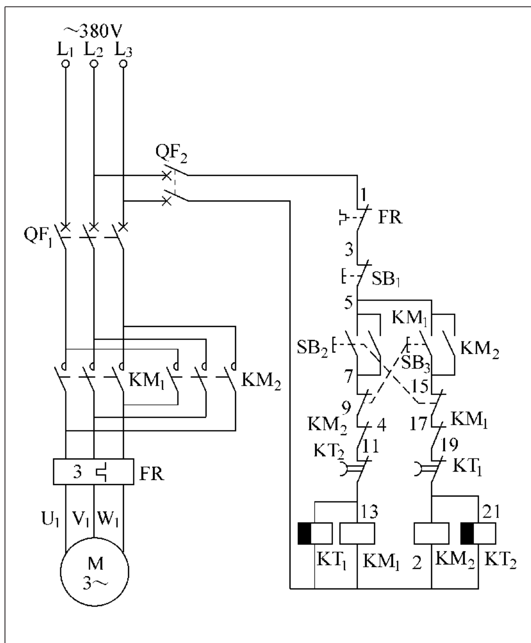


图 2-14　具有三重互锁保护的正反转控制电路

正转起动时，按下正转起动按钮 SB_2，此时 SB_2 常闭触点断开反转交流接触器 KM_2 线圈回路，起到互锁保护，同时 SB_2 常开触点闭合，交流接触器 KM_1、失电延时时间继电器 KT_1 线圈同时得电吸合。KM_1 主触点闭合，电动机 M 正转起动运行。KM_1 常闭触点、KT_1 延时闭合的常闭触点均断开，使 KM_2 线圈回路同时有三处断开点进行互锁，从而起到可靠的互锁保护。当需要反转时，按下反转起动按钮 SB_3，此时，正转交流接触器 KM_1 线圈失电释放，电动机 M 正转停止工作，但 KT_1 失电延时几秒后其常闭触点才能恢复闭合，即使按下反转起动按钮也不能反转起动，则必须按动反转起动按钮 2s 后（设定时间可任意调整），反转才能起动，从而真正起到互锁保护。

例 16　电动机加密控制电路

图 2-15 所示为电动机加密控制电路。

为了防止他人误按下起动按钮造成事故，在电路中进行加密，实际上所谓的加密，就是采用两只按钮 SB_2、SB_3 串联起来，在起动时必须同时按下方可完成起动操作。起动时，同时按下起动按钮 SB_2、SB_3，交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作。

按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

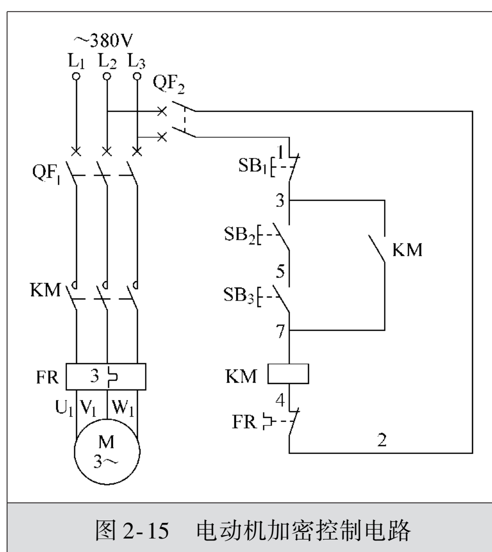


图 2-15　电动机加密控制电路

例 17　用一只按钮控制电动机起停电路

一般用两个按钮控制一台电动机的起动和停止，但在某些特殊场合（如多点控制和远距离控制时，需要大量的导线和按钮，以节省连接导线和减少按钮数目）或某些特殊设备上，需要采用单按钮控制电动机的起动和停止。

仅用一只按钮控制电动机的起动和停止电路如图 2-16 所示。

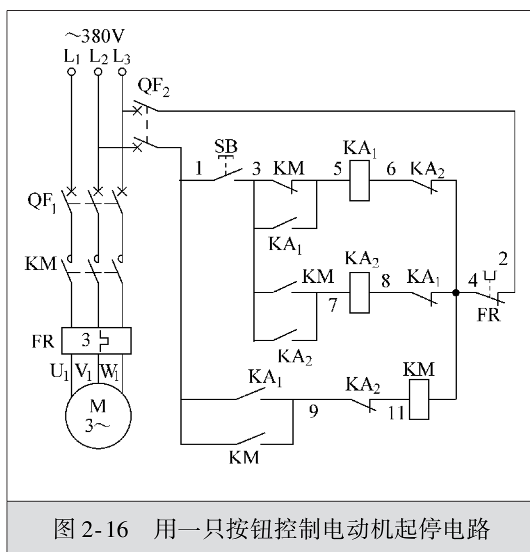


图 2-16　用一只按钮控制电动机起停电路

起动时，按下按钮 SB，中间继电器 KA_1 线圈得电吸合，KA_1 常开触点闭合，交流接触器 KM 线圈得电，KM 吸合并自锁，其三相主触点闭合，电动机起动运转。KM 的常开辅助触点闭合，常闭辅助触点断开，这时，中间继电器 KA_2 的线圈因 KA_1 的常闭触点已断开而不能得电，所以 KA_2 不能吸合。松开按钮 SB，因 KM 已自锁，所以交流接触器 KM 线圈仍得电吸合，电动机继续运转。但这时 KA_1 因 SB 松开而失电释放，其常闭触点复位，为接通 KA_2 做好准备。

需要停车时，第二次按下按钮 SB，这时中间继电器 KA_1 线圈通路被 KM 常闭触点切断，所以 KA_1 线圈不会吸合，而 KA_2 线圈得电吸合。KA_2 线圈吸合后，其

常闭触点断开，切断 KM 线圈电源，KM 失电释放，其三相主触点断开，电动机失电停转。

此电路非常巧妙，可举一反三应用在其他控制场合。

例 18　单向起动、停止电路

在工农业生产及各个领域，控制电路应用最多的是单向起动、停止电路。该电路具有自锁、短路保护和过载保护作用，其控制电路如图 2-17 所示。

1. 起动

当需起动电动机时，合上主回路断路器 QF_1 和控制回路断路器 QF_2，并按下起动按钮 SB_2，此时交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机 M 得电运转，同时 KM 辅助常开触点闭合自锁（又称自保），即使松开起动按钮 SB_2，由于交流接触器 KM 常开辅助触点的自锁作用，控制电路仍保持接通，交流接触器 KM 线圈仍吸合，使电动机 M 仍继续运转。

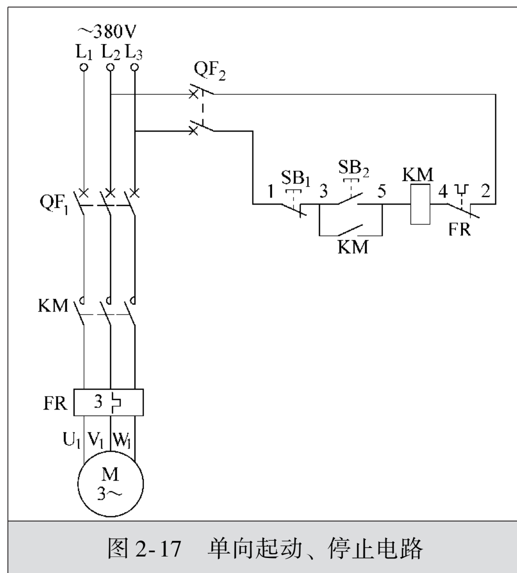


图 2-17　单向起动、停止电路

2. 停止

欲需停止时，则按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开电动机电源，电动机失电停止工作。

3. 欠电压或失电压

当交流接触器 KM 线圈工作电压低于额定电压的 85% 以下时，交流接触器 KM 线圈会因欠电压而断电释放，从而起到失电压保护作用。实际上这种情况在我们实际工作中经常遇到，如在正常工作中，交流接触器 KM 线圈得电吸合工作，倘若电网出现停电现象，那么此时交流接触器 KM 线圈将失电释放，以作保护。即使再来电，电动机也不会再运转，理由很简单，从原理图中可以看出，那就是由于交流接触器 KM 自锁触点断开，必须人为按动起动按钮 SB_2，才能重新操作完成起动控制。

4. 过载保护

倘若电动机在运转中出现过载时，那么主回路热继电器 FR 热元件所通过的电流远远超过其额定电流值，此时热继电器 FR 双金属片上缠绕的电阻丝发热，其双金属片由于材料不同而弯曲，推动热继电器 FR 常闭触点断开，切断了交流接触器 KM 线圈回路电源，交流接触器 KM 线圈断电释放，电动机便失去三相电源而停止运转，从而起到过载保护的作用。

例19 可逆点动与起动混合控制电路

本实例为具有双重互锁（按钮常闭触点互锁和交流接触器辅助常闭触点互锁）的正反转起动、停止及正反转点动控制电路，如图2-18所示。

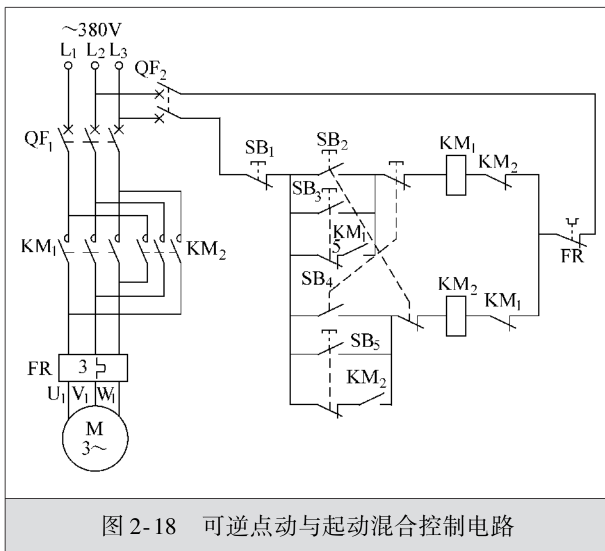


图2-18 可逆点动与起动混合控制电路

1. 正转起动连续运转

按下正转起动按钮SB_2，正转交流接触器KM_1线圈得电吸合且自锁，KM_1常闭触点及正转起动按钮SB_2常闭触点（瞬间断开）均断开，进行互锁。KM_1三相主触点闭合，电动机得电正转连续运转。

1）正转停止：按下停止按钮SB_1或轻轻按下反转起动按钮SB_4均会使交流接触器KM_1线圈断电释放，电动机正转停止。

2）正转点动：按下正转点动按钮SB_3，SB_3常闭触点首先断开将正转交流接触器KM_1自锁回路切断，同时SB_3常开触点闭合，接通KM_1线圈得电吸合，KM_1三相主触点闭合，电动机得电正转运转，松开正转点动按钮SB_3，KM_1线圈因无自锁而断电释放，KM_1三相主触点断开，电动机正转点动运转停止。

2. 反转起动连续运转

按下反转起动按钮SB_4，反转交流接触器KM_2线圈得电吸合且自锁，KM_2常闭触点及反转起动按钮SB_4常闭触点（瞬间断开）均断开，进行互锁。KM_2三相主触点闭合，电动机得电反转连续运转。

1）反转停止：按下停止按钮SB_1或轻轻按下正转起动按钮SB_2均会使交流接触器KM_2线圈断电释放，电动机反转停止。

2）反转点动：按下反转点动按钮SB_5，SB_5常闭触点首先断开将反转交流接触器KM_2自锁回路切断，同时SB_5常开触点闭合，接通KM_2线圈得电吸合，KM_2

三相主触点闭合，电动机得电反转运转，松开反转点动按钮 SB_5，KM_2 线圈因无自锁而断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机反转点动运转停止。

特别提醒：本电路在正反转连续起动操作时，可直接操作，无需先按下停止按钮 SB_1 后再进行；在正转或反转电路已工作后，若想反向进行点动操作无效，则必须先按下停止按钮 SB_1 后方可进行。

例 20　五地控制的起动停止电路

图 2-19 所示为五地控制的起动停止电路。

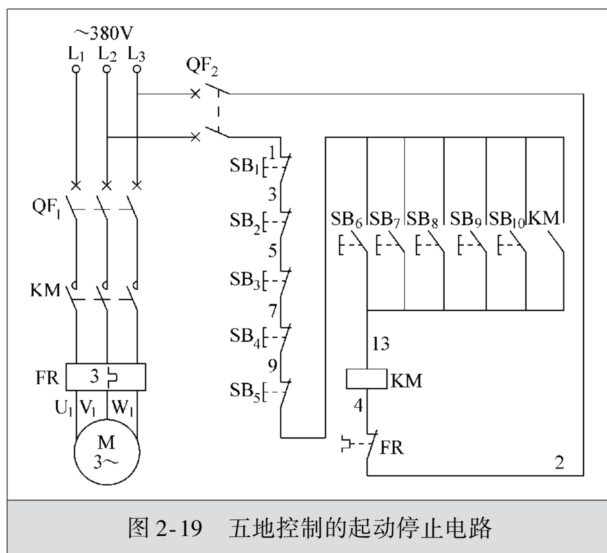


图 2-19　五地控制的起动停止电路

任意按下起动按钮 SB_6 ~ SB_{10}，交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机 M 得电运转，拖动设备工作。

任意按下停止按钮 SB_1 ~ SB_5，交流接触器 KM 线圈失电释放，KM 三相主触点断开，电动机 M 失电停止运转，拖动设备停止工作。

例 21　用一只按钮控制电动机正反转定时停机电路

本电路用一只按钮来控制电动机正反转定时停机，即第一次按下按钮 SB 时，电动机正转，经运转一段时间后自动停止；第二次按下按钮 SB 时，电动机反转，经运转一段时间后自动停止；第三次按下按钮 SB 时，电动机又正转，重复循环控制。详细电路如图 2-20 所示。

1. 正转运行定时停机

第一次按下按钮 SB(1－3)，中间继电器 KA_1、失电延时时间继电器 KT_1 线圈得电吸合，KA_1 常开触点（3－5）闭合自锁，KA_1 常闭触点（9－11）断开，切断 KT_2、KA_2 线圈回路，起到互锁作用；同时 KT_1 瞬动常开触点（1－13）闭合，接

通中间继电器 KA_3 线圈回路电源，KA_3 常开触点（1－13）闭合自锁，KA_3 常闭触点（3－5）断开，KA_3 常开触点（3－9）闭合，为第二次按下按钮 SB(1－3）时，禁止 KT_1、KA_1 线圈吸合，允许 KT_2、KA_2 线圈吸合做准备。同时失电延时时间继电器 KT_1 失电延时断开的常开触点（1－17）立即闭合，正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，电动机正转起动运转。松开按钮 SB(1－3)，中间继电器 KA_1、失电延时时间继电器 KT_1 线圈均断电释放，KA_1 所有触点恢复原来状态，KT_1 瞬动常开触点也恢复原来状态，此时 KT_1 开始延时，经 KT_1 延时后（其延时时间可根据实际生产要求自行而定），KT_1 失电延时断开的常开触点（1－17）断开，切断了正转交流接触器 KM_1 线圈电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机正转运行定时停机。

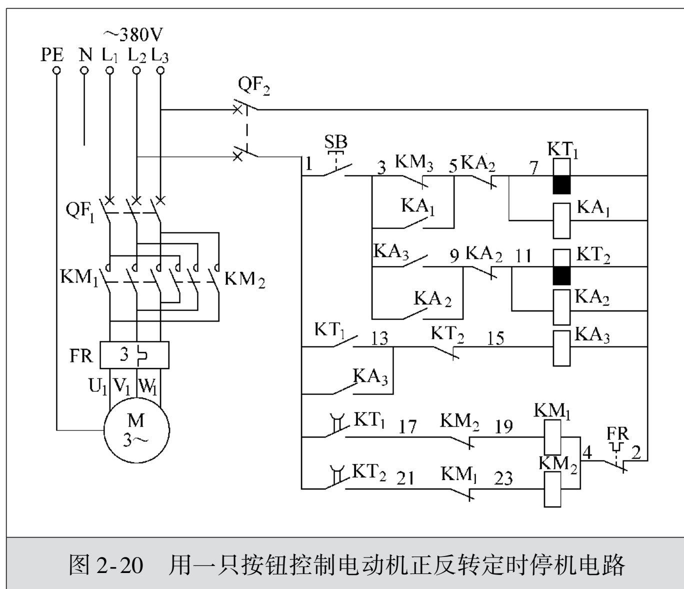


图 2-20　用一只按钮控制电动机正反转定时停机电路

2. 反转运行定时停机

第二次按下按钮 SB(1－3)，由于中间继电器 KA_3 常开触点（3－9）的作用（此时已闭合），中间继电器 KA_2、失电延时时间继电器 KT_2 线圈得电吸合，KA_2 常开触点（3－9）闭合自锁，KA_2 常闭触点（5－7）断开，切断 KT_1、KA_1 线圈回路，起到互锁作用；同时 KT_2 瞬动常闭触点（13－15）断开，切断了中间继电器 KA_3 线圈电源，KA_3 线圈断电释放，其所有触点恢复原来状态，为第三次按下按钮 SB(1－3）时，禁止 KT_2、KA_2 线圈吸合，允许 KT_1、KA_1 吸合做准备。同时失电延时时间继电器 KT_2 失电延时断开的常开触点（1－21）立即闭合，反转交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机反转起动运转。松开按钮 SB(1－3)，中间继电器 KA_2、失电延时时间继电器 KT_2 线圈均断电释放，KA_2 所有触点恢复原来状态，KT_2 瞬动常开触点也恢复原来状态，此时 KT_2 开始延时，

经 KT_2 延时后（其延时时间可根据实际生产要求自行而定），KT_2 失电延时断开的常开触点（1－21）断开，切断了反转交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机反转运行定时停机。

总之，奇数次按动按钮 SB(1－3）时，电动机正转运行并定时自动停机；偶数次按动按钮 SB(1－3）时，电动机反转运行并定时自动停机。

例 22　接触器、按钮双互锁可逆起停控制电路

图 2-21 为接触器、按钮双互锁可逆起停控制电路。本电路是非常标准的正反转控制电路，可靠性很高，是电工首选电路。

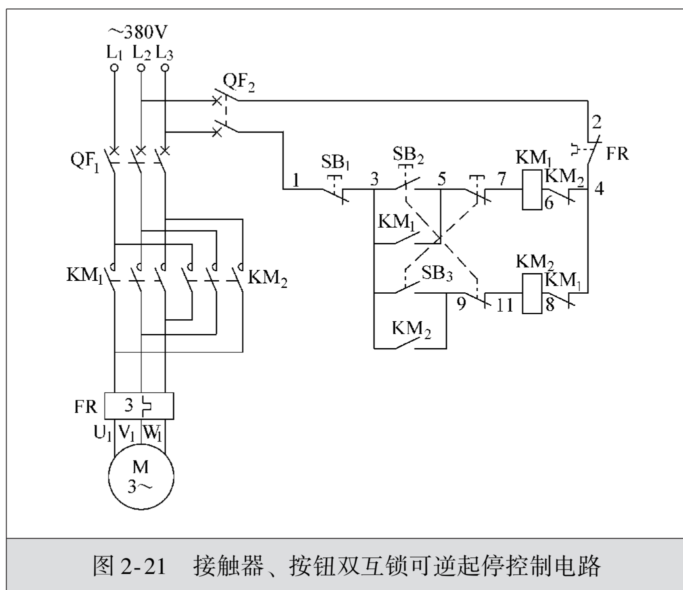


图 2-21　接触器、按钮双互锁可逆起停控制电路

在正转起动时，其起动按钮 SB_2 的常闭触点首先断开了反转接触器 KM_2 线圈回路电源（第一种互锁保护），当正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合后，KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的常闭触点又断开（进行第二种互锁保护），使 KM_2 线圈无法得电吸合动作，反转电路与正转电路相同。这样，无论在正转或反转操作时，不用先按下停止按钮 SB_1 即可任意正、反转起动。同时还可避免因交流接触器主触点发生熔焊分不断时出现短路事故。

例 23　只有接触器辅助常闭触点互锁的可逆点动控制电路

正反转（又称为可逆）电路实际上就是利用两只交流接触器来分别控制电动机完成正转或反转运行，但必须得保证两只交流接触器线圈不能同时吸合，怎么办？这里谈到的另一个技术术语就叫互锁（又称为联锁），也就是讲，不管采用什么互锁方式，最终保证两只交流接触器会一只工作而另一只停止，这就是互锁的作用。

图 2-22 所示为只有交流接触器辅助常闭触点互锁的可逆点动控制电路。从主回路看，通过交流接触器 KM_1 三相主触点直接将三相电源 L_1、L_2、L_3 与电动机 U_1、V_1、W_1 连接，电动机正转运行（正转时三相电源相序为 L_1、L_2、L_3 或 L_3、L_1、L_2 或 L_2、L_3、L_1）；反转时交流接触器 KM_2 三相主触点将 L_1 与 L_3，L_3 与 L_1 调换了一下，也就是电工行话中所讲的"倒相了"，实际上三相电源相序改变了，那么电源改变为 L_3、L_2、L_1 与电动机 U_1、V_1、W_1 连接，电动机反转（反转时三相电源相序为 L_1、L_3、L_2 或 L_2、L_1、L_3 或 L_3、L_2、L_1），从而完成正反转切换。

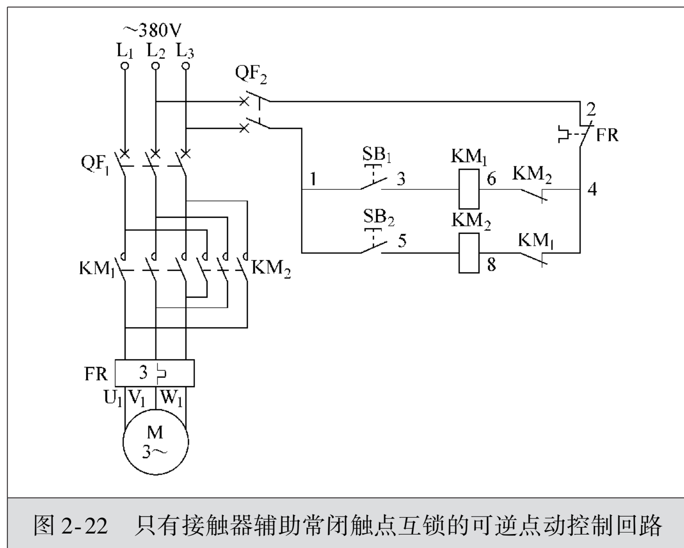


图 2-22　只有接触器辅助常闭触点互锁的可逆点动控制回路

从控制电路看，本电路只有一种互锁方式即交流接触器辅助常闭触点互锁，互锁程度不高，可以应用。此电路实际上就是在两个接触器线圈回路中各串一个对方的常闭触点作互锁保护，即在正转 KM_1 线圈回路中串联一只反转 KM_2 辅助常闭触点（4－6），在反转 KM_2 线圈回路中串联一只正转 KM_1 辅助常闭触点（4－8）。

正转点动时，按下正转点动按钮 SB_1（1－3），接通了正转交流接触器 KM_1 线圈回路电源，使正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，首先 KM_1 串联在反转交流接触器 KM_2 线圈回路中的常闭辅助触点（4－8）断开（保证 KM_1 线圈得电吸合工作时，KM_2 线圈不能得电），起到互锁作用；同时正转交流接触器 KM_1 三相主触点闭合，接通电动机三相 380V 交流电源，电动机得电正转。松开正转点动按钮 SB_1（1－3），切断了正转交流接触器 KM_1 线圈回路电源，使正转交流接触器 KM_1 线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机失电停止运转。

反转点动时，按下反转点动按钮 SB_2（1－5），接通了反转交流接触器 KM_2 线圈回路电源，使反转交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，首先 KM_2 串联在正转交流接触器 KM_1 线圈回路中的常闭辅助触点（4－6）断开（保证 KM_2 线圈得电吸合工作时，KM_1 线圈不能得电），起到互锁作用；同时反转交流接触器 KM_2 三相主触点

闭合，接通电动机三相380V交流电源，电动机得电反转。松开反转点动按钮SB_2(1-5)，切断了反转交流接触器KM_2线圈回路电源，使反转交流接触器KM_2线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机失电停止运转。

例24　一地起动四地停止控制电路

有些设备在起动时需一地起动，而停止时需四地进行停止控制。

如图2-23所示。合上主回路断路器QF_1和控制回路断路器QF_2，电源指示灯HL_1亮，说明电源正常。

起动时按下起动按钮SB_5(9-11)，交流接触器KM线圈得电吸合且KM辅助常开触点（9-11）闭合自锁，KM三相主触点闭合，接通电动机三相电源，电动机M得电运转。同时KM辅助常闭触点（1-13）断开，电源兼作停止指示灯HL_1灭，KM辅助常开触点（1-15）闭合，接通了运转指示灯HL_2电源，HL_2点亮，说明电动机已正常运转工作了。

停止时，可按下任意一只停止按钮SB_1~SB_4，交流接触器KM线圈就会断电释放，KM三相主触点断开，电动机失电停止运转。同时KM辅助常开触点(1-15)断开，运转指示灯HL_2灭；KM辅助常闭触点（1-13）闭合，停止兼作电源指示灯HL_1亮，说明电动机已停止运转。

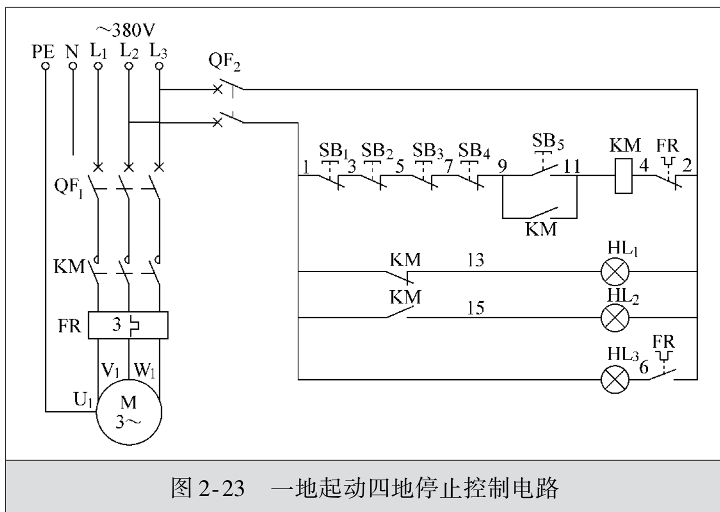


图2-23　一地起动四地停止控制电路

若电动机出现过载时，热继电器FR动作，其常闭触点（2-4）断开，切断交流接触器KM线圈回路电源，从而使交流接触器线圈断电释放，KM三相主触点断开，电动机失电停止运转，从而起到过载保护作用。同时FR常开触点（2-6）闭合，接通了过载指示灯HL_3回路电源，过载指示灯HL_3点亮，说明电动机已过载了。

图中HL_1为电动机停止兼电源指示灯；HL_2为电动机运转指示灯；HL_3为电动机过载指示灯。

第 3 章　电动机减压起动控制电路

例 25　电动机△－Y起动自动控制电路

1．工作原理

对于一些惯性较大、运转时转矩较小的设备，起动时往往需要很大的转矩，这就需要用△联结起动、Y联结运转来实现，如图 3-1 所示。

图 3-1　电动机△－Y起动自动控制电路

起动时，按下起动按钮 SB_2（3－5）后再松开，失电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合后又断电释放，KT 开始延时。此时 KT 不延时瞬动常开触点（3－9）立即闭合后又断开，KT 失电延时闭合的常闭触点（9－11）立即断开，KT 失电延时断开的常开触点（9－15）立即闭合，这样，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3－9）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，将三相电源接入电动机绕组，同时交流接触器 KM_2 线圈也得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，绕组接成△联

结，电动机得电以△联结开始起动。经 KT 一段延时后，电动机的转速升至额定转速时，KT 失电延时断开的常开触点（9－15）断开，切断△联结交流接触器 KM_2 线圈的回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机△联结方式解除；同时 KT 失电延时闭合的常闭触点（9－11）闭合，接通了Y联结交流接触器 KM_3 线圈回路电源，KM_3 线圈得电吸合，KM_3 三相主触点闭合，电动机绕组被连接成Y联结正常运转。从而完成△联结起动、Y联结运转控制。

停止时，按下停止按钮 SB_1（1－3），交流接触器 KM_1、KM_3 线圈断电释放，KM_1、KM_3 各自的三相主触点断开，电动机失电停止运转。

2．现场接线

电动机△－Y起动自动控制电路现场接线如图 3-2 所示。

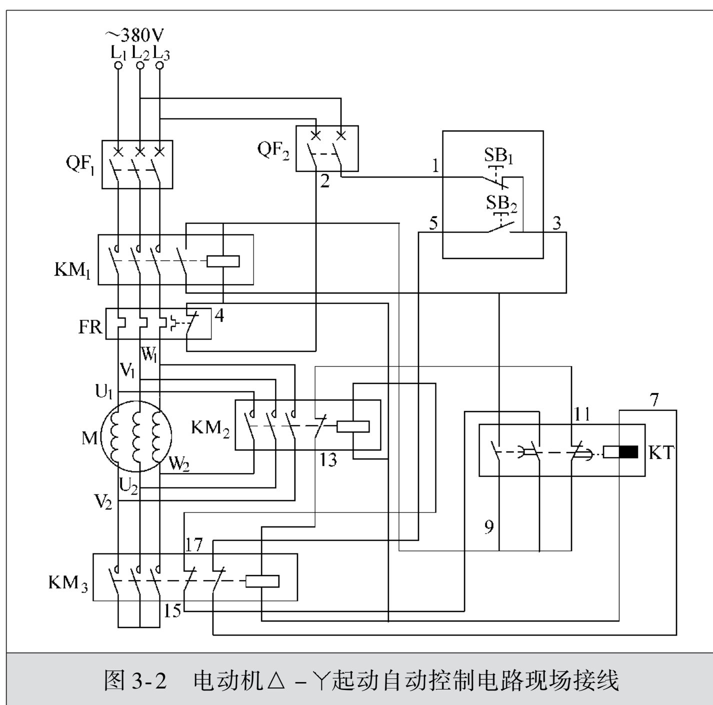


图 3-2　电动机△－Y起动自动控制电路现场接线

例 26　频敏变阻器可逆自动起动控制电路

1．工作原理

频敏变阻器可逆自动起动控制电路如图 3-3 所示。

（1）正转起动

正转起动时，按下正转起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常开触点（3－9）闭合，使交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3－9）闭合自锁，KM_1 辅助

常闭触点（13－15）断开，起互锁作用；KM_1三相主触点闭合，电动机串联频敏变阻器R_F进行正转起动；在按下SB_2的同时，SB_2的另一组常开触点（3－5）闭合，接通了得电延时时间继电器KT线圈的回路电源，KT线圈得电吸合且KT不延时瞬动常开触点（3－5）闭合自锁，同时KT开始延时。随着电动机转速的逐渐提高，接近额定转速时，也就是KT延时结束时间，KT得电延时闭合的常开触点(3－17)闭合，使交流接触器KM_3线圈得电吸合且KM_3辅助常开触点（3－17）闭合自锁，KM_3辅助常闭触点（5－7）断开，切断KT线圈的回路电源，KT线圈断电释放，KT所有触点恢复原始状态。与此同时，KM_3三相主触点闭合，将转子回路短接起来，电动机以额定转速正常运转。至此，完成正转起动自动控制过程。

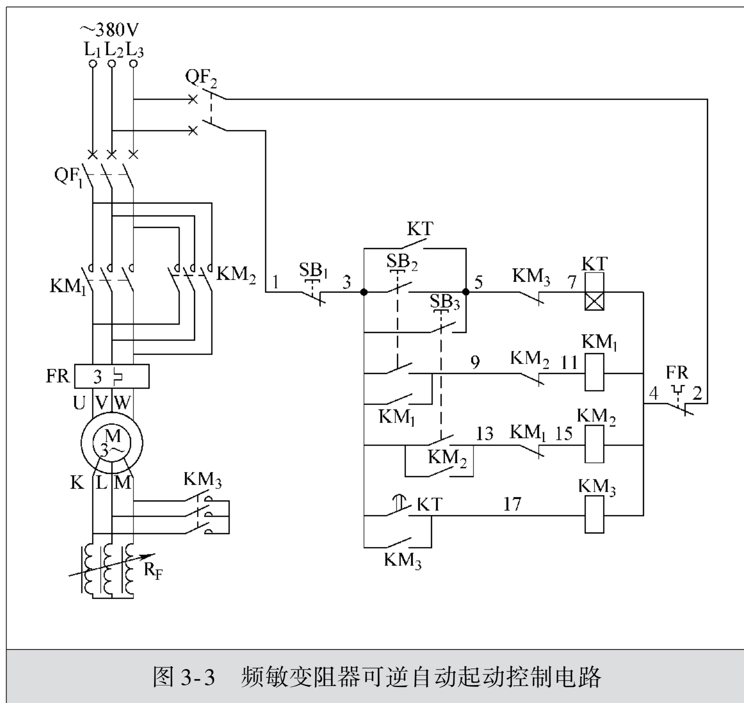


图 3-3　频敏变阻器可逆自动起动控制电路

（2）正转停止

正转停止时，按下停止按钮SB_1(1－3)，交流接触器KM_1、KM_3线圈断电释放，KM_1、KM_3各自的三相主触点均断开，电动机失电停止正转。

（3）反转起动

反转起动时，按下反转起动按钮SB_3，SB_3的一组常开触点（3－13）闭合，使交流接触器KM_2线圈得电吸合且KM_2辅助常开触点（3－13）闭合自锁，KM_2辅助常闭触点（9－11）断开，起互锁作用。KM_2三相主触点闭合，电动机串联频敏变阻器R_F进行反转起动。在按下SB_3的同时，SB_3的另一组常开触点（3－5）闭合，接通了得电延时时间继电器KT线圈的回路电源，KT线圈得电吸合且KT不延时瞬动常开触点（3－5）闭合自锁，同时KT开始延时。随着电动机转速的逐渐提高，

接近其额定转速时，也就是 KT 延时结束时间，KT 得电延时闭合的常开触点(3－17)闭合，使交流接触器 KM_3线圈得电吸合且 KM_3辅助常开触点（3－17）闭合自锁，KM_3辅助常闭触点（5－7）断开，切断 KT 线圈的回路电源，KT 线圈断电释放，KT 所有触点恢复原始状态。与此同时，KM_3三相主触点闭合，将转子回路短接起来，电动机以额定转速正常运转。至此，完成反转起动自动控制过程。

（4）反转停止

反转停止时，按下停止按钮 SB_1(1－3)，交流接触器 KM_2、KM_3线圈断电释放，KM_2、KM_3各自的三相主触点均断开，电动机失电停止反转。

2. 现场接线

频敏变阻器可逆自动起动控制电路现场接线如图 3-4 所示。

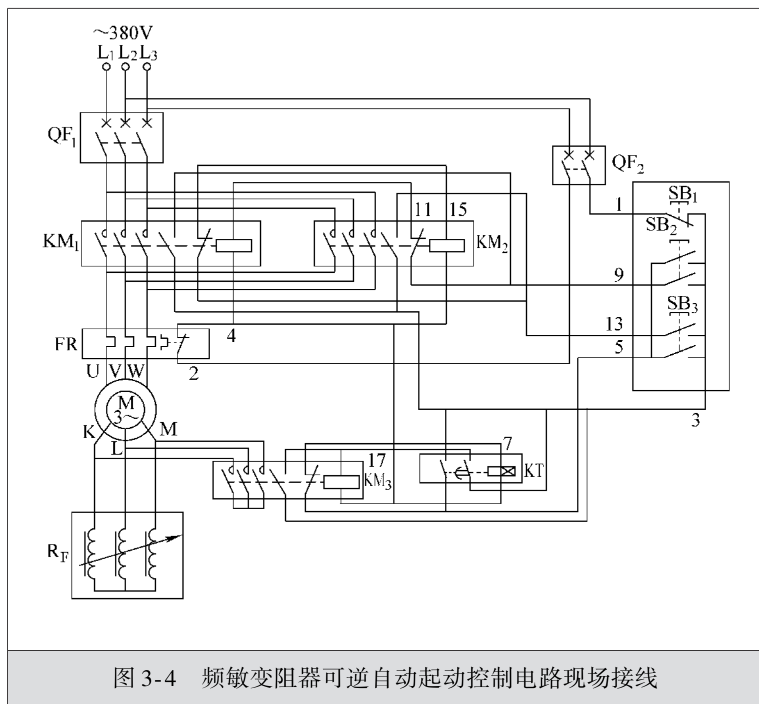


图 3-4　频敏变阻器可逆自动起动控制电路现场接线

例 27　频敏变阻器可逆手动起动控制电路

1. 工作原理

频敏变阻器可逆手动起动控制电路如图 3-5 所示。

（1）正转起动

正转起动时，按下正转起动按钮 SB_2(3－5)，交流接触器 KM_1线圈得电吸合且 KM_1辅助常开触点（3－5）闭合自锁；KM_1辅助常闭触点（9－11）断开，起互锁作用；KM_1辅助常开触点（3－13）闭合，为运转控制做准备；KM_1三相主触点闭合，电动机得电转子串入频敏变阻器 R_F进行正转起动。随着电动机转速的不断提

高，升至额定转速时，再按下运转按钮 SB_4(13－15)，交流接触器 KM_3线圈得电吸合且 KM_3辅助常开触点（13－15）闭合自锁，KM_3三相主触点闭合，将转子回路频敏变阻器 R_F短接起来，电动机以额定转速正转。

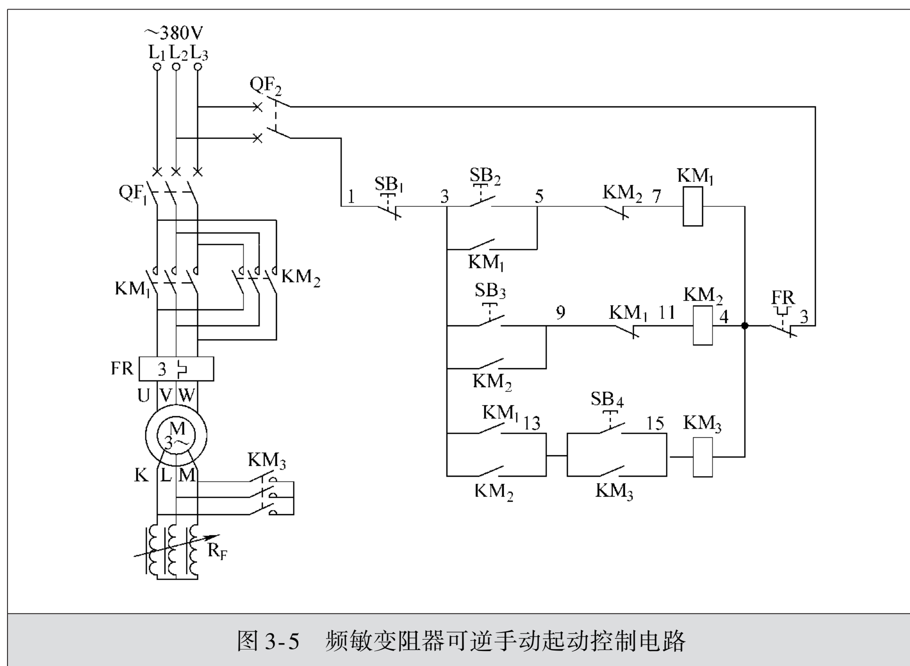


图 3-5　频敏变阻器可逆手动起动控制电路

（2）反转起动

反转起动时，按下反转起动按钮 SB_3(3－9)，交流接触器 KM_2线圈得电吸合且 KM_2辅助常开触点（3－9）闭合自锁；KM_2辅助常闭触点（5－7）断开，起互锁作用；KM_2辅助常开触点（3－13）闭合，为运转控制做准备；KM_2三相主触点闭合，电动机得电转子串入频敏变阻器 R_F进行反转起动。随着电动机转速的不断提高，升至额定转速时，再按下运转按钮 SB_4(13－15)，交流接触器 KM_3线圈得电吸合且 KM_3辅助常开触点（13－15）闭合自锁，KM_3三相主触点闭合，将转子回路频敏变阻器 R_F短接起来，电动机以额定转速反转。

（3）停止

停止时，无论正转还是反转，均按下停止按钮 SB_1(1－3)，切断正转（KM_1＋KM_3）或反转（KM_2＋KM_3）交流接触器线圈的回路电源，其各自的线圈断电释放，各自的三相主触点断开，电动机失电停止运转。

2. 现场接线

频敏变阻器可逆手动起动控制电路现场接线如图 3-6 所示。

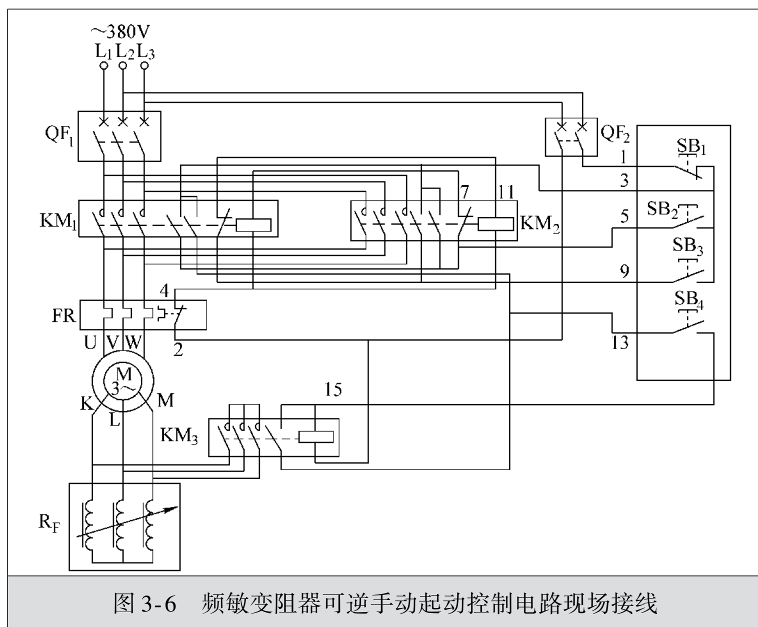


图 3-6　频敏变阻器可逆手动起动控制电路现场接线

例 28　频敏变阻器正反转手动控制电路

1. 工作原理

频敏变阻器正反转手动控制电路如图 3-7 所示。

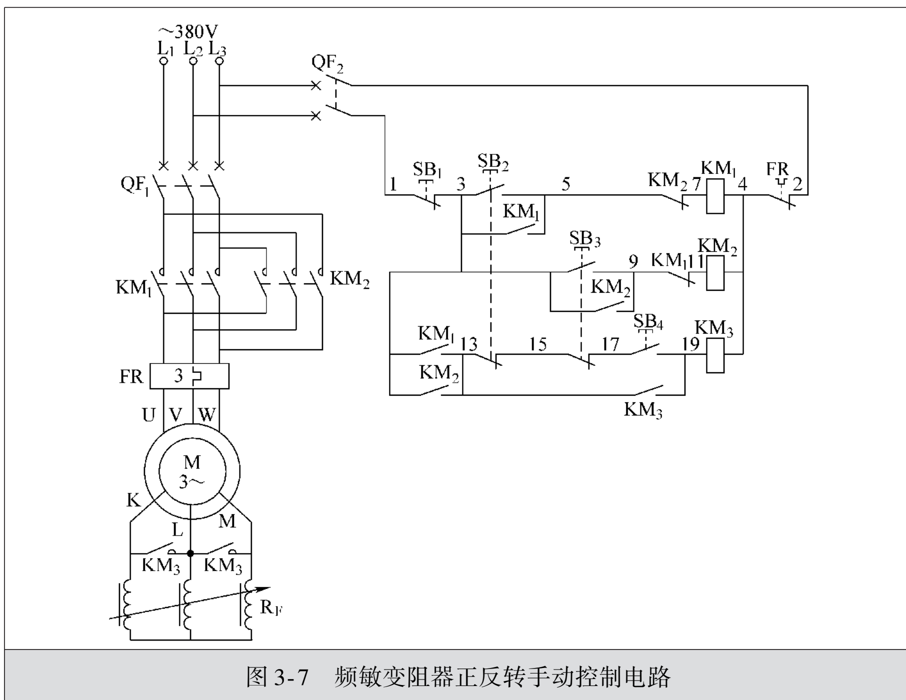


图 3-7　频敏变阻器正反转手动控制电路

（1） 正转起动

按下正转起动按钮 SB_2，SB_2的一组常闭触点（13－15）断开，以防止在起动时同时按下运转按钮 SB_4（17－19）而出现直接全压起动的情况；SB_2的另一组常开触点（3－5）闭合，接通了交流接触器 KM_1线圈的回路电源，KM_1线圈得电吸合且 KM_1辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1三相主触点闭合，电动机转子串频敏变阻器 R_F正转起动。在 KM_2线圈得电吸合时，KM_1串联在 KM_2线圈回路中的辅助常闭触点（9－11）断开，起到互锁作用；KM_1串联在 KM_3线圈回路中的辅助常开触点（3－13）闭合，为运转操作做准备。当电动机的转速升至接近额定转速时，再按下运转按钮 SB_4（17－19），交流接触器 KM_3线圈得电吸合且 KM_3辅助常开触点（13－19）闭合自锁，KM_3三相主触点闭合，将转子回路频敏变阻器 R_F短接起来，电动机以额定转速正转。

（2） 正转停止

按下停止按钮 SB_1（1－3），切断了交流接触器 KM_1、KM_3线圈的回路电源，KM_1、KM_3线圈断电释放，KM_1、KM_3各自的三相主触点断开，电动机失电停止正转。

（3） 反转起动

按下反转起动按钮 SB_3，SB_3的一组常闭触点（15－17）断开，以防止在起动时同时按下运转按钮 SB_4（17－19）而出现直接全压起动的情况；SB_3的另一组常开触点（3－9）闭合，接通了交流接触器 KM_2线圈的回路电源，KM_2线圈得电吸合且 KM_2辅助常开触点（3－9）闭合自锁，KM_2三相主触点闭合，电动机转子串频敏变阻器 R_F反转起动。在 KM_2线圈得电吸合时，KM_2串联在 KM_1线圈回路中的辅助常闭触点（5－7）断开，起到互锁作用；KM_2串联在 KM_3线圈回路中的辅助常开触点（3－13）闭合，为运转操作做准备。当电动机的转速升至接近额定转速时，按下运转按钮 SB_4（17－19），交流接触器 KM_3线圈得电吸合且 KM_3辅助常开触点（13－19）闭合自锁，KM_3三相主触点闭合，将转子回路频敏变阻器 R_F短接起来，电动机以额定转速反转运转。

（4） 反转停止

按下停止按钮 SB_1（1－3），切断了交流接触器 KM_2、KM_3线圈的回路电源，KM_2、KM_3线圈断电释放，KM_2、KM_3各自的三相主触点断开，电动机失电停止反转。

2．现场接线

频敏变阻器正反转手动控制电路现场接线如图 3-8 所示。

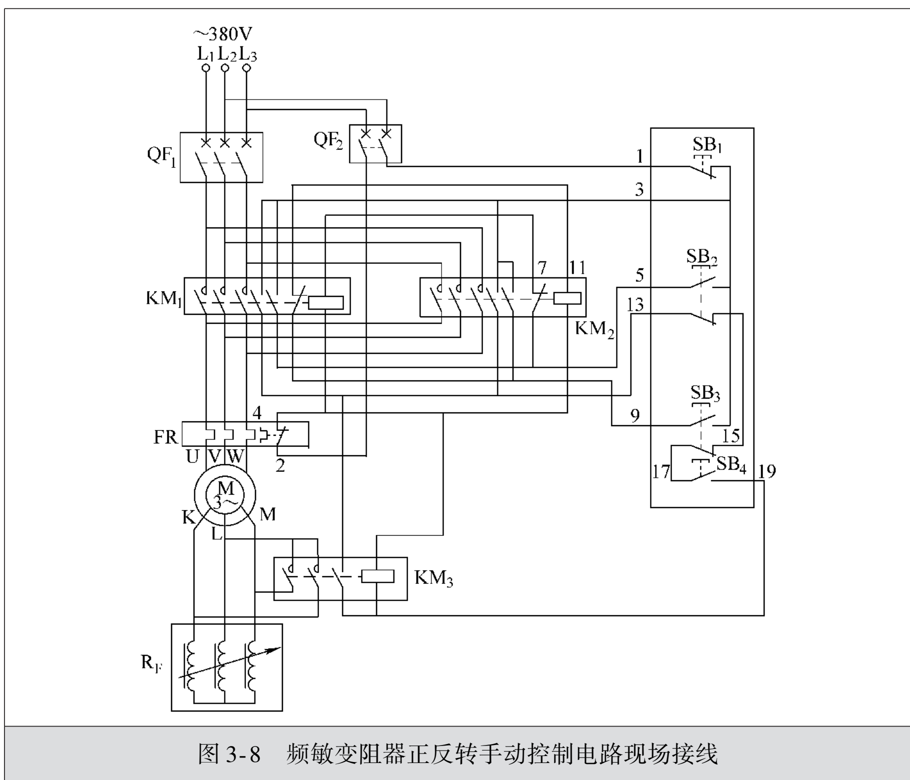


图 3-8　频敏变阻器正反转手动控制电路现场接线

例 29　频敏变阻器正反转自动控制电路

1. 工作原理

本电路采用一只得电延时时间继电器来控制绕线转子电动机实现频敏变阻器正反转起动自动控制，如图 3-9 所示。

（1）正转自动起动控制

按下正转起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常开触点（3－5）闭合，使交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机绕线转子串联频敏变阻器 R_F 起动。在 KM_1 线圈得电吸合的同时，KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的辅助常闭触点（9－11）断开，起到互锁作用；KM_1 辅助常开触点（3－13）闭合，为接通延时转换用得电延时时间继电器 KT 线圈做准备。在按下正转起动按钮 SB_2 的同时，SB_2 的另一组常开触点（13－15）闭合，使得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，且 KT 不延时瞬动常开触点（13－15）闭合自锁，KT 开始延时。经 KT 一段延时后，KT 得电延时闭合的常开触点（13－19）闭合，接通了交流接触器 KM_3 线圈的回路电源，KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（13－19）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，将频敏变阻器 R_F 短接起来，电动机起动完毕转入正常全压运转。在 KM_3 线圈得电吸合的同时，KM_3 串联在 KT 线圈回路

中的辅助常闭触点（15－17）断开，切断了得电延时时间继电器 KT 线圈的回路电源，KT 线圈断电释放，其所有触点恢复原始状态。

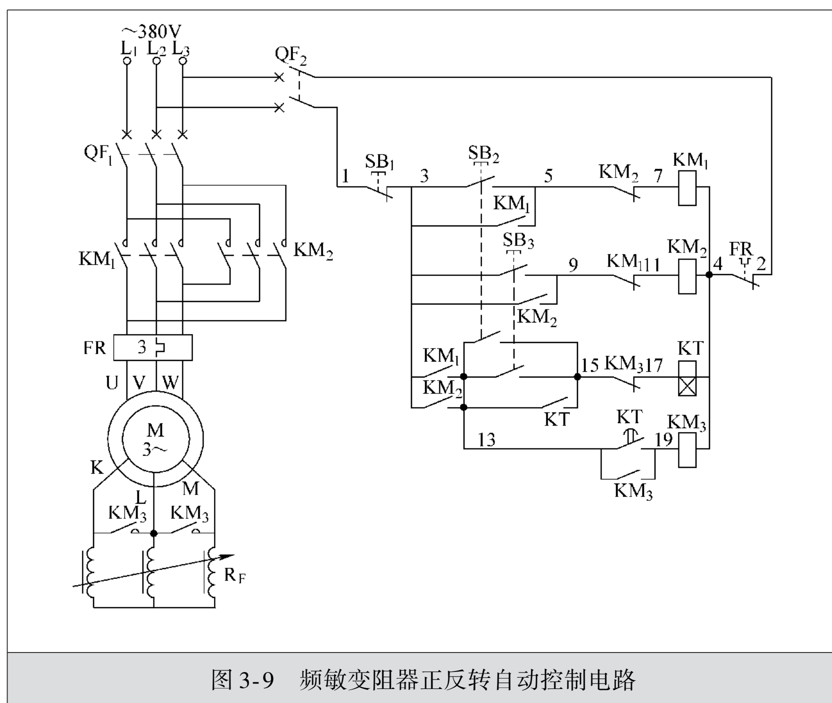


图 3-9　频敏变阻器正反转自动控制电路

（2）反转自动起动控制

若电动机处于正转时需反转，必须先将正转停下来后方可进行。此时，先按下停止按钮 SB_1（1－3），交流接触器 KM_1、KM_3 线圈断电释放，KM_1、KM_3 各自的三相主触点断开，电动机失电停止正转。再按下反转起动按钮 SB_3，SB_3 的一组常开触点（3－9）闭合，使交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3－9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机绕线转子串联频敏变阻器 R_F 起动。在 KM_2 线圈得电吸合的同时，KM_2 串联在 KM_1 线圈回路中的辅助常闭触点（5－7）断开，起到互锁作用；KM_2 辅助常开触点（3－13）闭合，使得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，且 KT 不延时瞬动常开触点（13－15）闭合自锁，KT 开始延时。经 KT 一段延时后，KT 得电延时闭合的常开触点（13－19）闭合，接通了交流接触器 KM_3 线圈的回路电源，KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（13－19）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，将频敏变阻器 R_F 短接起来，电动机起动完毕转入正常全压运转。在 KM_3 线圈得电吸合的同时，KM_3 串联在 KT 线圈回路中的辅助常闭触点（15－17）断开，使 KT 线圈断电释放退出运行。

2．现场接线

频敏变阻器正反转自动控制电路现场接线如图 3-10 所示。

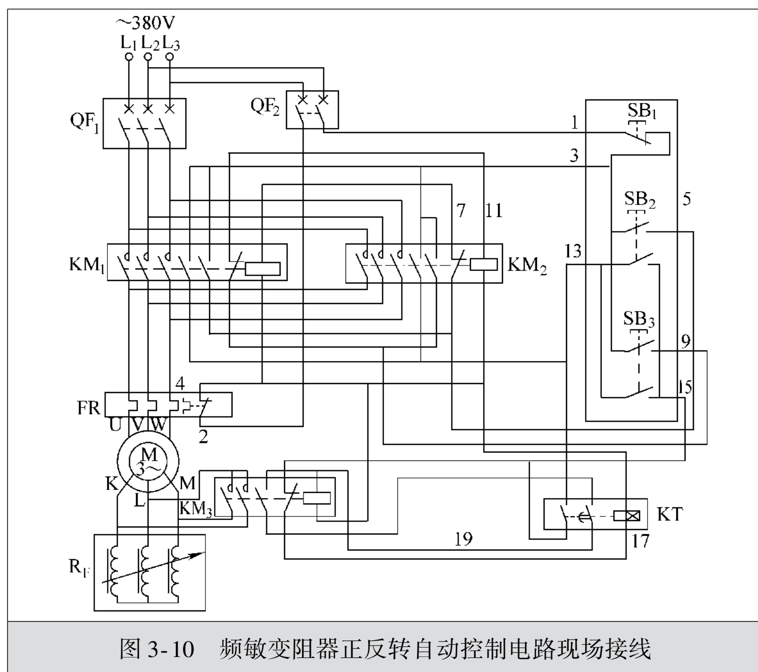


图 3-10　频敏变阻器正反转自动控制电路现场接线

例 30　频敏变阻器自动起动控制电路

如图 3-11 所示，起动时，按下起动按钮 SB_2(3－5)，交流接触器 KM_1 和得电

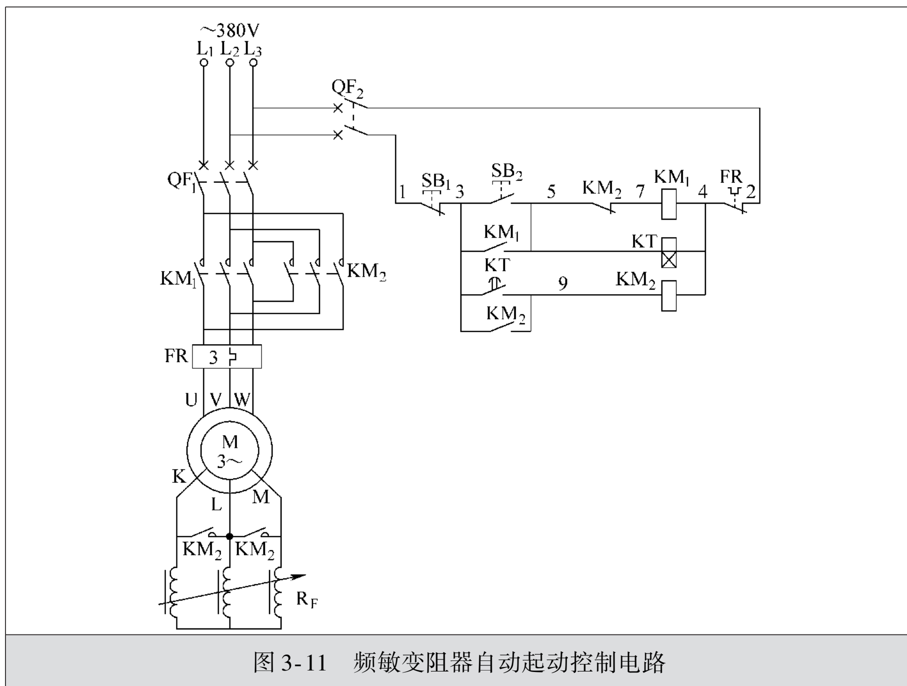


图 3-11　频敏变阻器自动起动控制电路

延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KT 开始延时。在 KM_1 线圈得电吸合后，KM_1 三相主触点闭合，电动机转子串频敏变阻器 R_F 起动。随着电动机转速的逐渐提高，当升至电动机额定转速时，也就是 KT 的延时时间结束，KT 得电延时闭合的常开触点（3－9）闭合，接通交流接触器 KM_2 线圈回路电源，使交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3－9）闭合自锁，KM_2 辅助常闭触点（5－7）断开，切断交流接触器 KM_1 和 KT 线圈回路电源，KM_1、KT 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，使 KM_1 退出运行；同时 KM_2 的五对主触点闭合，其中三对接通电动机定子电源，另外两对将转子回路短接起来，电动机起动完毕，以额定转速运转。

本电路的特点是，起动完毕后，仅有一只具有五对主触点的交流接触器 KM_2 线圈吸合工作，以节省 KM_1 线圈所消耗的电能。

例 31　采用三只接触器完成Y－△减压起动自动控制电路

图 3-12 所示为采用三只接触器完成Y－△减压起动自动控制电路。

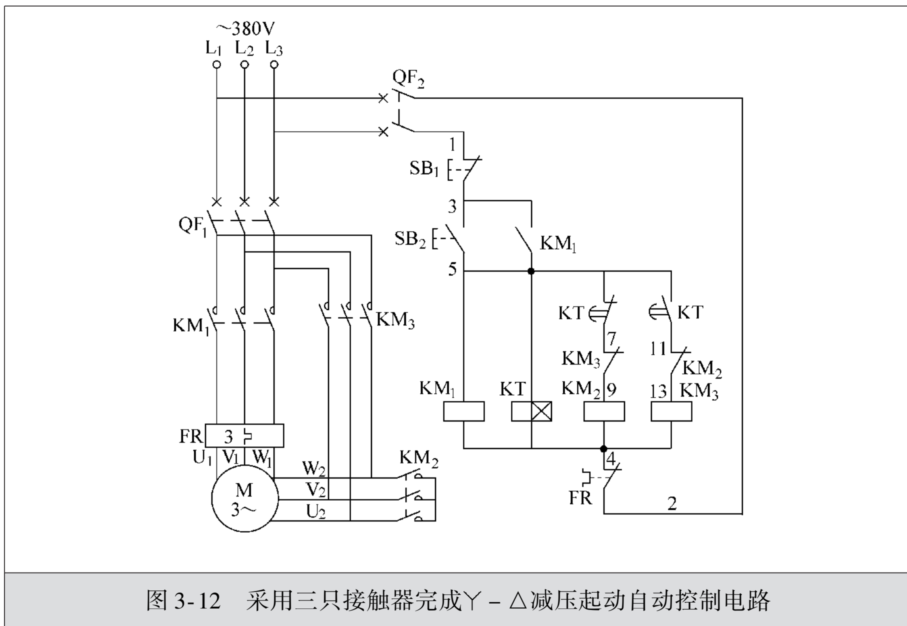


图 3-12　采用三只接触器完成Y－△减压起动自动控制电路

按下起动按钮 SB_2，电源交流接触器 KM_1、得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点闭合自锁，并接通Y形起动交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 线圈得电吸合，此时得电延时时间继电器 KT 开始延时。在交流接触器 KM_1、KM_2 线圈得电吸合后，KM_1、KM_2 各自的三相主触点闭合，电动机绕组得电接成Y形进行减压起动。经 KT 延时后，KT 的一组得电延时断开的常闭触点先断开，切断了Y形交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机绕组Y点解除；与此同时 KT 的另一组得电延时闭合的常开触点闭合，接通

了△形运转交流接触器 KM_3 线圈电源，KM_3 三相主触点闭合，电动机绕组由Y形改接成△形全压运转。至此整个Y－△起动结束，从而完成由Y形起动到△形运转的自动控制。

按下停止按钮 SB_1，电源交流接触器 KM_1、△形运转交流接触器 KM_3、得电延时时间继电器 KT 线圈均断电释放，KM_1、KM_3 各自的三相主触点断开，电动机失电停止运转。

本电路是采用了三只交流接触器 KM_1、KM_2、KM_3 来完成Y－△减压起动自动控制，电路中Y形起动交流接触器 KM_2 触点容量较大能满足频繁起动要求。

例 32　延边三角形减压起动自动控制电路

图 3-13 所示为延边三角形减压起动自动控制电路。

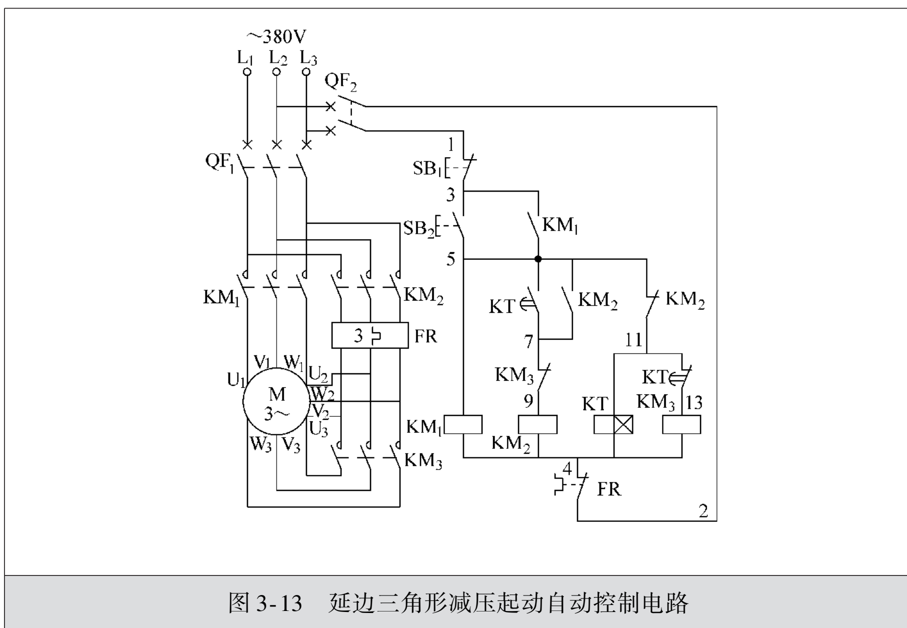


图 3-13　延边三角形减压起动自动控制电路

在起动前让我们先了解一下延边三角形是如何工作的。起动时先将定子绕组中的一部分连接成△形，另一部分连接成Y形，这样就组成了延边三角形来完成起动，而电动机起动完毕后，再将定子绕组连接成△形正常运转。

按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1、KM_3 和时间继电器 KT 线圈同时得电吸合且 KM_1 辅助常开触点闭合自锁，电动机接成延边三角形减压起动；经时间继电器 KT 一段延时后，时间继电器 KT 得电延时断开的常闭触点断开，切断了交流接触器 KM_3 线圈回路电源（KM_3 辅助联锁常闭触点复原恢复常闭，为电动机正常全压运转交流接触器 KM_2 线圈工作做准备），KM_3 三相主触点断开，电动机绕组延边三角形解除。同时，时间继电器 KT 得电延时闭合的常开触点闭合，接通了交流

接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机绕组接成三角形正常运转。

停止时，则按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_1、KM_2 线圈同时断电释放，KM_1、KM_2 各自的主触点断开，电动机断电停止运转。

例 33　手动Y－△减压起动控制电路

图 3-14 所示为手动Y－△减压起动控制电路。

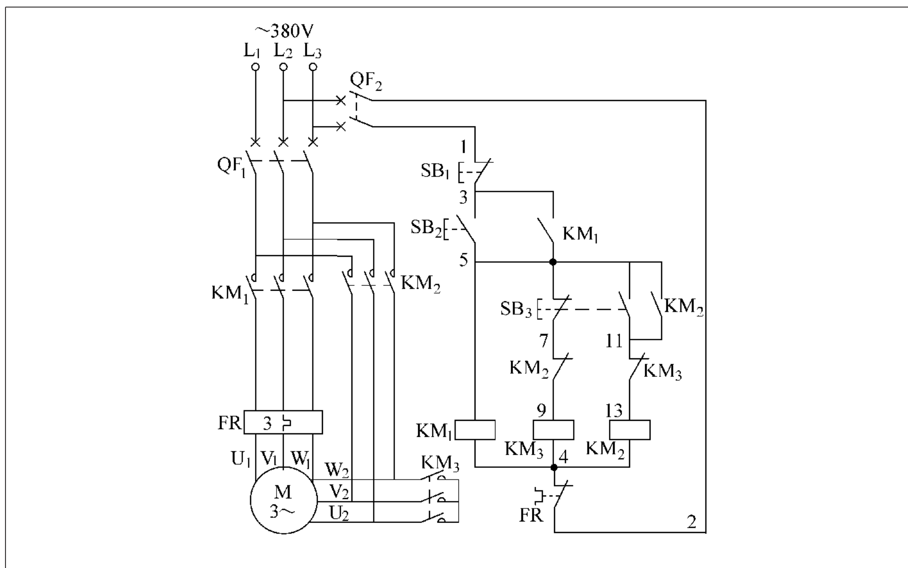


图 3-14　手动Y－△减压起动控制电路

起动时按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1、KM_3 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点闭合自锁，KM_1、KM_3 各自的三相主触点闭合，其中，KM_1 三相主触点接通三相交流电源，KM_3 三相主触点将绕组 U_2、V_2、W_2 短接了起来，电动机接成Y形起动。运转时则按下运转按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点断开，切断了 KM_3 线圈电源，使 KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，电动机绕组Y形联结解除；与此同时，SB_3 的另一组常开触点闭合，接通了交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，KM_2 将绕组 U_1 与 W_2、V_1 与 U_2、W_1 与 V_2 分别短接了起来，电动机接成△形全压运转了。

停止时则按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_1、KM_2 线圈断电释放，KM_1、KM_2 各自的三相主触点断开，电动机失电停止运转。

第 4 章　自动往返控制电路

例 34　自动往返带慢速定位缓冲控制电路

本电路与通常应用的自动往返控制电路的不同之处是，当电动机拖动工作台向左或向右移动时，先是以额定转速运转，在碰到靠近左端或右端自动转换行程开关之前的慢速定位行程开关 SQ_1 或 SQ_3 时，由额定转速变为慢速来缓冲准确定位，当碰到自动往返转换行程开关 SQ_2 或 SQ_4 时，又恢复到额定转速快速反方向运转，实现带慢速缓冲定位的自动往返控制电路。图 4-1 中，SQ_5、SQ_6 为左端或右端极限保护行程开关。

自动往返控制时，倘若按下正转起动按钮 SB_2(7－9)，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（7－9）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电以额定转速正转，拖动工作台向左移动；当工作台向左移动碰触到不可自动复位式行程开关 SQ_1 时，SQ_1 的一组常闭触点（9－11）断开，切断交流接触器 KM_1 线圈回路电源，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电；SQ_1 的另一组常开触点（15－17）闭合，接通交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，将分别串入二极管 VD_1、VD_2、VD_3，电动机由额定转速变为慢速定位缓冲运转。当工作台准确定位后，碰触到左端限位自动转换行程开关 SQ_2 时，SQ_2 的一组常闭触点（7－15）断开，切断交流接触器 KM_2 线圈回路电源，交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电；SQ_2 的另一组常开触点（7－21）闭合，KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（7－21）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，电动机得电以额定转速反转运转，拖动工作台向右移动；当工作台向右移动到位碰触到已动作的不可自动复位式行程开关 SQ_1 使其恢复原始状态，为下一次动作做准备。当工作台向右移动碰触到不可自动复位式行程开关 SQ_3 时，SQ_3 的一组常闭触点（21－23）断开，切断交流接触器 KM_3 线圈回路电源，交流接触器 KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，电动机失电；SQ_3 的另一组常开触点（27－29）闭合，KM_4 线圈得电吸合，KM_4 三相主触点闭合，将分别串入二极管 VD_1、VD_2、VD_3，电动机由额定转速变为慢速定位缓冲运转。工作台准确定位后，碰触到右端限位自动转换行程开关 SQ_4 时，SQ_4 的一组常闭触点（7－27）断开，切断交流接触器 KM_4 线圈回路电源，KM_4 线圈断电

释放，KM_4三相主触点断开，电动机失电；SQ_4的一组常开触点（7－9）闭合，又重新接通交流接触器KM_1线圈回路电源，KM_1线圈得电吸合且KM_1辅助常开触点（7－9）闭合，KM_1三相主触点闭合，电动机得电以额定转速正转了。这样，往返重复，实现自动往返循环控制。

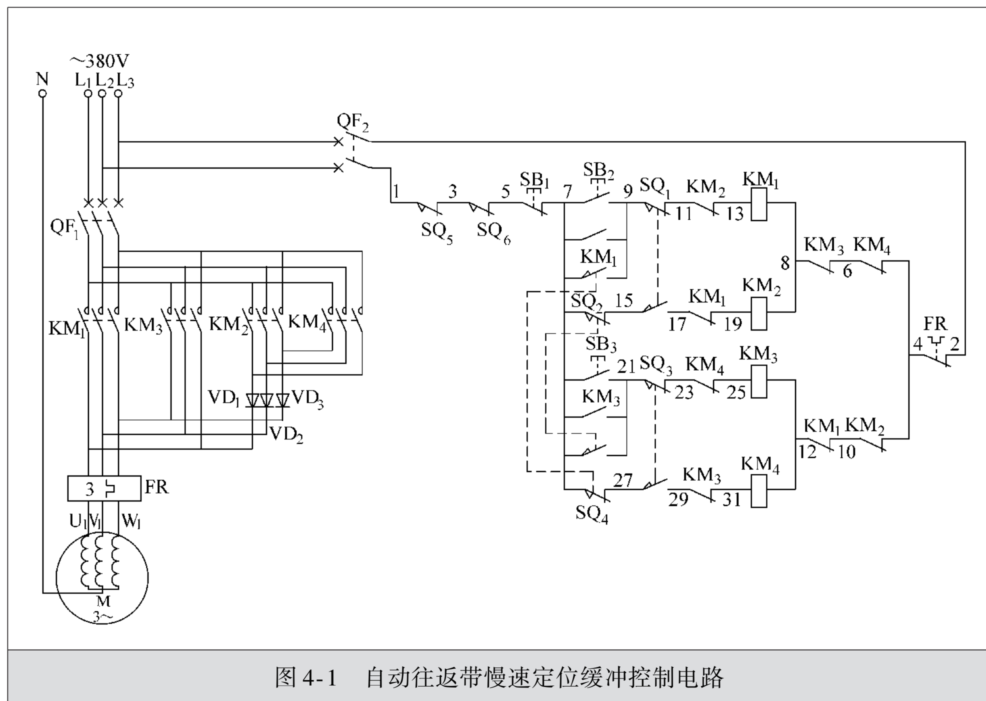


图 4-1　自动往返带慢速定位缓冲控制电路

图4-1中，行程开关SQ_2、SQ_4、SQ_5、SQ_6可选用任何型号的能自动复位的产品；SQ_1、SQ_3必须采用LX19－232双轮不能自动复位式行程开关。

例35　用接近开关、行程开关完成的正反转到位停止控制电路

如图4-2所示，本例正反转到位停止控制因需要很频繁地动作，极易损坏，所以到位停止装置SQ_3、SQ_4采用无触点接近开关来完成。而作为两端极限保护装置SQ_1、SQ_2，可以说基本上处于备用状态，可采用普通行程开关SQ_1、SQ_2来实现。

1．电源准备

按下起动按钮SB_2(3－5)，交流接触器KM线圈得电吸合且KM辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM三相主触点闭合，为电动机运转提供电源及控制条件。同时，KM辅助常闭触点（1－21）断开，指示灯HL_1灭，KM辅助常开触点(1－27)闭合，指示灯HL_2亮，说明电源准备完毕。

2．正转起动及到位自动停止控制

正转工作时，按下正转起动按钮SB_4(11－13)，交流接触器KM_1线圈得电吸合

且 KM_1辅助常开触点（11－13）闭合自锁，KM_1三相主触点闭合，电动机得电正转运转，拖动拖板向左移动；当拖板向左移动到位，碰块靠近接近开关 SQ_3时，SQ_3动作，SQ_3串联在交流接触器 KM_1线圈回路中的常闭触点（13－15）断开，切断了交流接触器 KM_1线圈回路电源，KM_1线圈断电释放，KM_1三相主触点断开，电动机失电停止正转，拖板到位停止移动。同时当电动机正转时，KM_1辅助常开触点（1－29）闭合，指示灯 HL_3亮，说明电动机正转了，当电动机失电停止正转时，KM_1辅助常开触点（1－29）断开，指示灯 HL_3灭，说明电动机正转停止了，即正转到位停止。

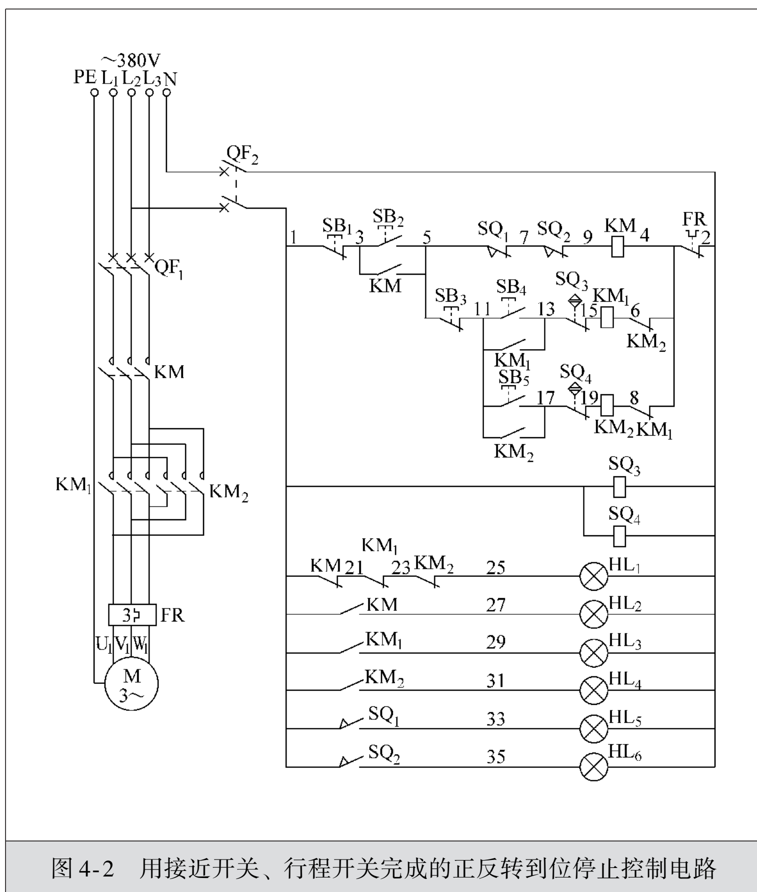


图 4-2　用接近开关、行程开关完成的正反转到位停止控制电路

3．反转起动及到位自动停止控制

反转工作时则按下反转起动按钮 SB_5（11－17），交流接触器 KM_2线圈得电吸合且 KM_2辅助常开触点（11－17）闭合自锁，KM_2三相主触点闭合，电动机得电反转，拖动拖板向右移动；当拖板向右移动到位，碰块靠近接近开关 SQ_4时，SQ_4动作，SQ_4串联在交流接触器 KM_2线圈回路中的常闭触点（17－19）断开，切断了交流接触器 KM_2线圈回路电源，KM_2线圈断电释放，KM_2三相主触点断开，电动机失

电停止反转，拖板到位停止移动。同时当电动机反转时，KM_2辅助常开触点（1－31）闭合，指示灯 HL_4亮，说明电动机反转了；当电动机失电停止反转时，KM_2辅助常开触点（1－31）断开，指示灯 HL_4灭，说明电动机反转停止了，即反转到位停止。

4. 极限限位保护

无论电动机正转还是反转，出现限位失灵现象时，安装在左端或右端的极限限位保护行程开关 SQ_1或 SQ_2都将动作，切断电源准备交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转；同时相应动作的指示灯 HL_5或 HL_6亮，以告知是哪只行程开关动作了，从而起到极限保护作用。

例 36　往返循环自动回到原位停止控制电路

1. 工作原理

往返循环自动回到原位停止控制电路如图 4-3 所示。无论从哪一端起动，即无论正转（工作台左移）还是反转（工作台右移），最终必须完成一个循环后回到原位自动停止。

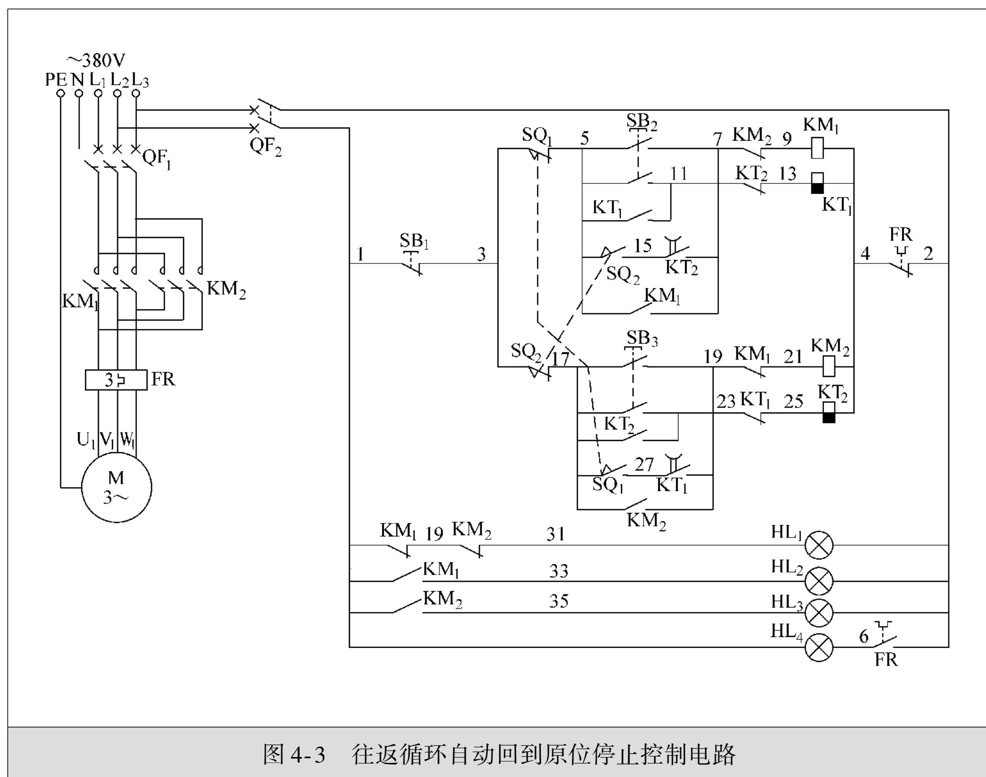


图 4-3　往返循环自动回到原位停止控制电路

合上断路器 QF_1、QF_2，电源兼停止指示灯 HL_1亮，说明电源正常。

（1）工作台左移再返回到位自动停止控制

按下工作台左移起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常开触点（5－11）闭合，接通了失电延时时间继电器 KT_1 线圈的回路电源，KT_1 线圈得电吸合且 KT_1 不延时瞬动常开触点（5－11）闭合自锁，同时 KT_1 失电延时断开的常开触点（19－27）瞬时闭合，为限制继续往返循环做准备；在按下 SB_2 的同时，SB_2 的另一组常开触点（5－7）闭合，接通了交流接触器 KM_1 线圈的回路电源，KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（5－7）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转，带动工作台向左移动。与此同时，KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的辅助常闭触点（19－21）先断开，起到互锁保护作用。在 KM_1 线圈得电吸合的同时，KM_1 辅助常闭触点（1－29）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_1 辅助常开触点（1－33）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机已得电正转了。也就是说，工作台向左进行移动。

当工作台向左移动到位时，行程开关 SQ_1 被撞块触动压合，此时 SQ_1 的一组常闭触点（3－5）断开，切断了交流接触器 KM_1、失电延时时间继电器 KT_1 线圈的回路电源，KM_1、KT_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电停止正转。与此同时，KT_1 开始延时（设定延时时间为 3s）。在 KM_1 线圈断电释放时，指示灯 HL_2 灭、HL_1 亮，说明电动机正转停止了。在行程开关 SQ_1 被撞块触动压合的同时，SQ_1 的另一组常开触点（17－27）闭合，与正在延时还未断开的 KT_1 失电延时断开的常开触点（19－27）形成闭合回路，使交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（17－19）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转，带动工作台向右移动。与此同时，KM_2 串联在 KM_1 线圈回路中的辅助常闭触点（7－9）先断开，起到互锁保护作用。在 KM_2 线圈吸合的同时，KM_2 辅助常闭触点（29－31）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_2 辅助常开触点（1－35）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机已得电反转了。也就是说，工作台向右开始返回了。

经 KT_1 延时后（仅 3s 左右），KT_1 失电延时断开的常开触点（19－27）断开，保证工作台回到原位后不再进行循环控制做先前准备。也就是说，在 SQ_1 被触动后 3s 内 KT_1 失电延时断开的常开触点（19－27）就必须先断开。

当工作台返回到位时，行程开关 SQ_2 被撞块触动压合，此时 SQ_2 的一组常闭触点（3－17）断开，切断了交流接触器 KM_2 线圈的回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电停止反转，从而使工作台停止移动。在行程开关 SQ_2 被撞块触动压合的同时，SQ_2 的另一组常开触点（5－15）闭合，为下次循环做准备。在 KM_2 线圈断电释放的同时，指示灯 HL_3 灭、HL_1 亮，说明电动机反转停止了。

至此，工作台左移再返回到位自动停止控制结束。

（2）工作台右移再返回到位自动停止控制

按下工作台右移起动按钮 SB_3，SB_3 的一组常开触点（17－23）闭合，接通了

失电延时时间继电器 KT_2 线圈的回路电源，KT_2 线圈得电吸合且 KT_2 不延时瞬动常开触点（17－23）闭合自锁，同时 KT_2 失电延时断开的常开触点（7－15）瞬时闭合，为限制继续往返循环做准备；在按下 SB_3 的同时，SB_3 的另一组常开触点（17－19）闭合，接通了交流接触器 KM_2 线圈的回路电源，KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（17－19）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转，带动工作台向右移动。与此同时，KM_2 串联在 KM_1 线圈回路中的辅助常闭触点（7－9）先断开，起到互锁保护作用。在 KM_2 线圈得电吸合的同时，KM_2 辅助常闭触点（29－31）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_2 辅助常开触点（1－35）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机已得电反转了。也就是说，工作台向右进行移动。

当工作台向右移动到位时，行程开关 SQ_2 被撞块触动压合，此时 SQ_2 的一组常闭触点（3－17）断开，切断了交流接触器 KM_2、失电延时时间继电器 KT_2 线圈的回路电源，KM_2、KT_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电停止反转。与此同时，KT_2 开始延时（设定延时时间为 3s 内）。在 KM_2 线圈断电释放时，指示灯 HL_3 灭、HL_1 亮，说明电动机停止运转了。在行程开关 SQ_2 被撞块触动压合的同时，SQ_2 的另一组常开触点（5－15）闭合，与正在延时还未断开的 KT_2 失电延时断开的常开触点（7－15）形成闭合回路，使交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（5－7）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转，带动工作台向左移动。与此同时，KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的辅助常闭触点（19－21）先断开，起到互锁保护作用。在 KM_1 线圈得电吸合的同时，KM_1 辅助常闭触点（1－29）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_1 辅助常开触点（1－33）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机已得电正转了。也就是说工作台向左开始返回了。

经 KT_2 延时后（仅 3s 左右），KT_2 失电延时断开的常开触点（7－15）断开，保证工作台回到原位后不再进行循环控制。也就是说，在 SQ_2 被触动后 3s 内，KT_2 失电延时断开的常开触点（7－15）就必须先断开。

当工作台返回到位时，行程开关 SQ_1 被撞块触动压合，此时 SQ_1 的一组常闭触点（3－5）断开，切断了交流接触器 KM_1 线圈的回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电停止正转，从而使工作台停止移动。在行程开关 SQ_1 被撞块触动压合的同时，SQ_1 的另一组常开触点（17－27）闭合，为下次循环做准备。在 KM_1 线圈断电释放的同时，指示灯 HL_2 灭、HL_1 亮，说明电动机正转停止了。

至此，工作台右移再返回到位自动停止控制结束。

电路中失电延时时间继电器 KT_1、KT_2 的延时时间为 1～3s，以行程开关 SQ_1 或 SQ_2 动作能转换成功即可。欲需中途停止，则按下停止按钮 SB_1（1－3）即可。

2．现场接线

往返循环自动回到原位停止控制电路现场接线如图 4-4 所示。

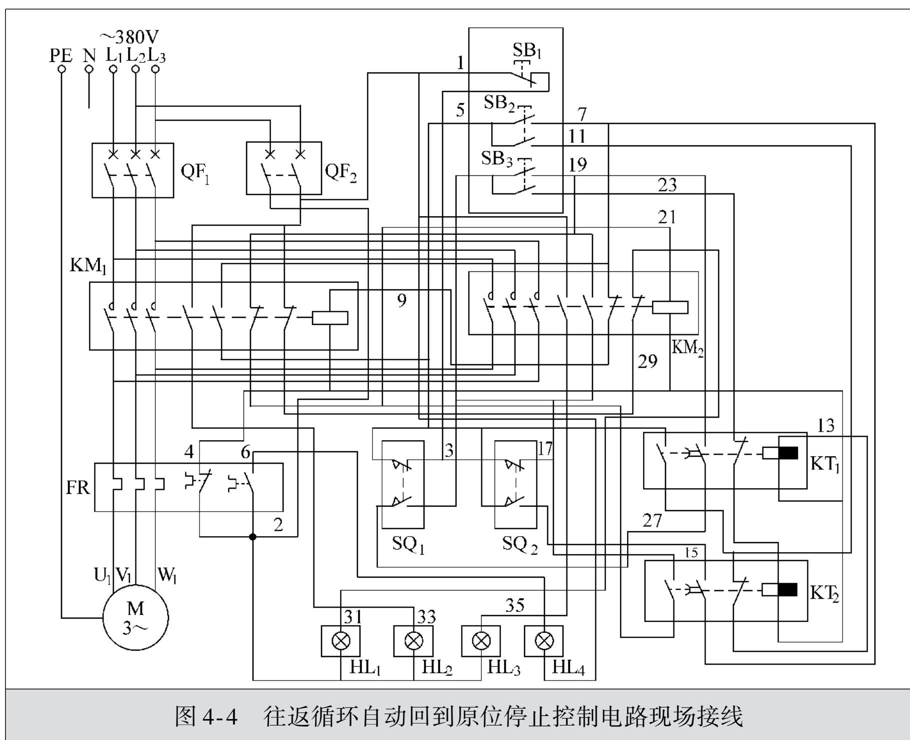


图 4-4　往返循环自动回到原位停止控制电路现场接线

例 37　自动往返循环控制电路

1. 工作原理

自动往返循环控制电路如图 4-5 所示。

起动时，可任意按下正转起动按钮 SB_2 或反转起动按钮 SB_3 进行起动操作。倘若按下正转起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转起动，拖动工作台向左移动。当工作台向左移动到位后，碰块压合行程开关 SQ_1 时，SQ_1 动作转态，SQ_1 常开触点（1－21）闭合，使中间继电器 KA_1 线圈得电吸合，KA_1 常闭触点（7－9）断开，切断 KM_1 线圈的回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电停止正转。与此同时，中间继电器 KA_1 常开触点（13－15）闭合，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（13－15）闭合自锁，电动机得电反转起动，拖动工作台向右移动。当电动机向右移动到位时，被压合的行程开关 SQ_1 恢复原始状态，SQ_1 常开触点（1－21）断开，使中间继电器 KA_1 线圈断电释放，其所有触点恢复原始状态，为再向左边移动到位转换做准备工作。当电动机向右移动到位后，碰块压合行程开关 SQ_2 时，SQ_2 常开触点（1－23）闭合，使中间继电器 KA_2 线圈得电吸合，KA_2 常闭触点（15－17）断开，切断 KM_2 线圈的回路电源，

KM_2线圈断电释放，KM_2三相主触点断开，电动机失电停止反转。与此同时，中间继电器KA_2常开触点（3－5）闭合，交流接触器KM_1线圈又重新得电吸合且KM_1辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1三相主触点闭合，电动机又重新得电正转起动，拖动工作台向左移动。当电动机向左移动到位时，被压合的行程开关SQ_2恢复原始状态，SQ_2常开触点（1－23）断开，使中间继电器KA_2线圈断电释放，其所有触点恢复原始状态，为再向右边移动到位转换做准备工作。如此循环，实现工作台自动往返控制。

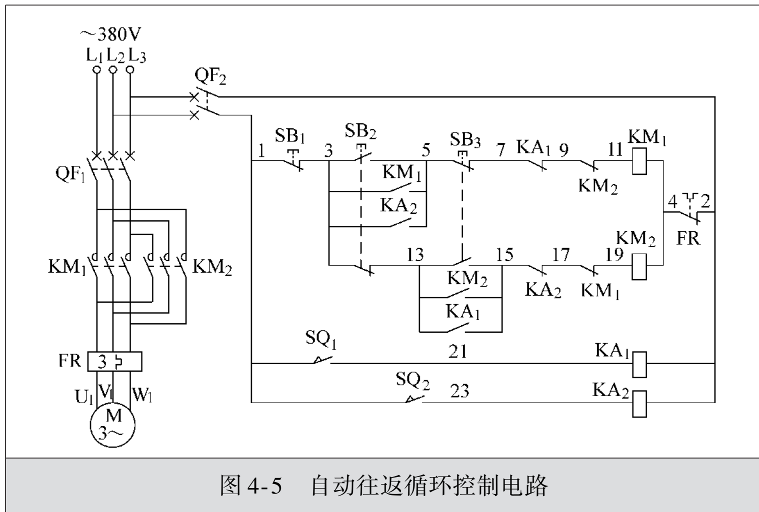


图 4-5　自动往返循环控制电路

2．现场接线

自动往返循环控制电路现场接线如图 4-6 所示。

例 38　拖板到位准确定位控制电路

1．工作原理

拖板到位准确定位控制电路如图 4-7 所示。

2．现场接线

拖板到位准确定位控制电路现场接线如图 4-8 所示。

起动时，按下起动按钮SB_2，其常开触点（3－5）闭合，使交流接触器KM_1、失电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，且KM_1辅助常开触点（3－9）闭合自锁；KM_1辅助常闭触点（1－11）断开，起互锁作用；KT 失电延时断开的常开触点（11－13）立即闭合，为延时切除KM_2线圈回路做准备；此时，KM_1三相主触点闭合，电动机得电运转，拖板开始移动。当拖板移动至到位点时，拖板碰块触及行程开关 SQ，SQ 动作转态，SQ 的一组常闭触点（5－9）断开，KM_1、KT 线圈断电释放，KT 开始延时，KM_1三相主触点断开，电动机失电但可能有惯性存在。与此同时，SQ 的另一组常开触点（13－15）闭合，交流接触器KM_2线圈得电吸合，KM_2

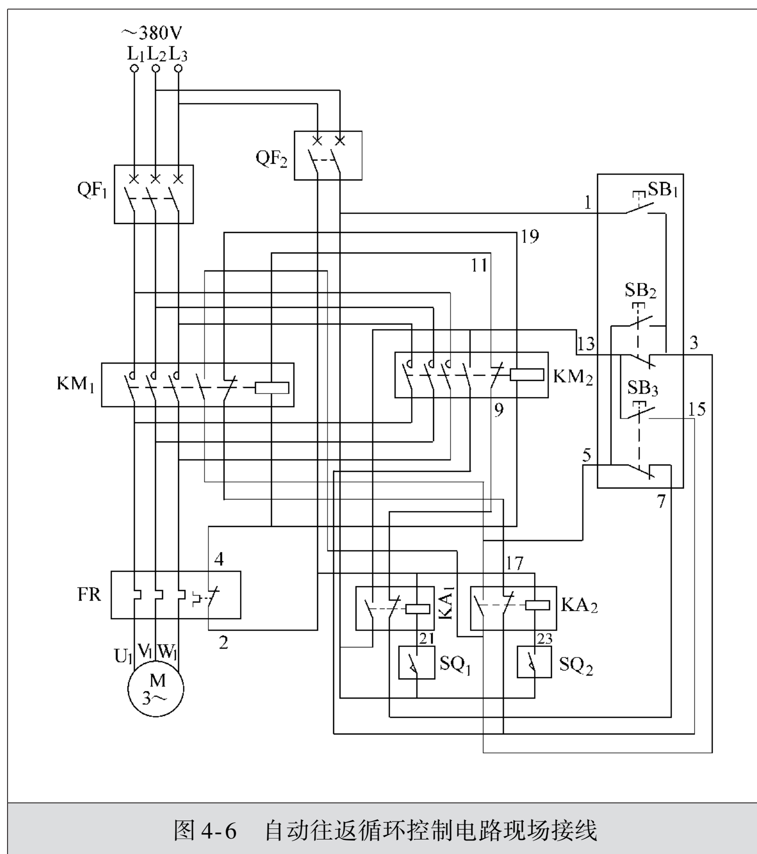


图 4-6　自动往返循环控制电路现场接线

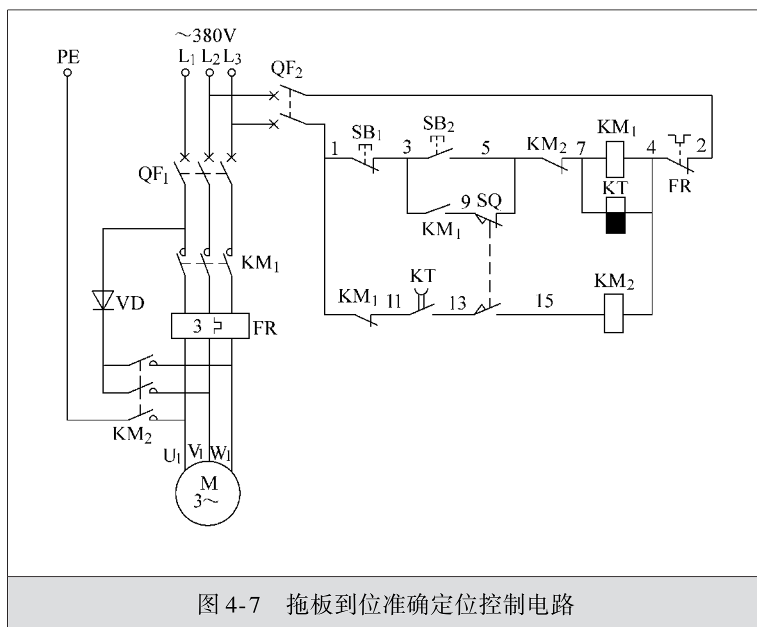


图 4-7　拖板到位准确定位控制电路

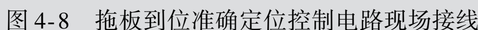


图 4-8　拖板到位准确定位控制电路现场接线

三相主触点闭合，将能耗制动电源加入到电动机绕组中，使其绕组产生静止磁场，电动机转速骤降，立即停止，起到准确定位作用。经 KT 一段时间延时后，KT 失电延时断开的常开触点（11－13）断开，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，切断能耗制动电源，制动过程结束，以达到准确定位作用。

例 39　仅用一只行程开关实现自动往返控制电路

图 4-9 所示为仅用一只行程开关实现自动往返控制电路。

图 4-9　仅用一只行程开关实现自动往返控制电路

按下起动按钮 SB_2，中间继电器 KA 线圈得电吸合且 KA 常开触点闭合自锁，为自动往返控制提供控制电源做准备。此时行程开关 SQ 常闭触点闭合，接通了正转交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转，拖动工作台向左移动；当工作台向左移动碰触到行程开关 SQ 时，SQ 动作转态，SQ 常闭触点断开，切断了正转交流接触器 KM_1 线圈回路电源，正转交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机停止正转；与此同时，SQ 常开触点闭合，接通了反转交流接触器 KM_2 线圈回路电源，反转交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转，拖动工作台向右移动；当工作台向右移动碰触到行程开关 SQ 时，SQ 动作转态，SQ 触点恢复原始状态，此时 SQ 常开触点断开，切断了反转交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 三相主触点断开，电动机停止反转，拖动工作台向右移动停止；而正转交流接触器 KM_1 线圈在行程开关 SQ 常闭触点的作用下又得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转，又拖动工作台向左移动，如此这般循环下去。

按下停止按钮 SB_1，中间继电器 KA 线圈断电释放，切断控制回路交流接触器 KM_1 或 KM_2 线圈电源，KM_1 或 KM_2 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

例 40　功能非常完善的自动往返控制电路

该自动往返控制电路的功能非常完善，它具有正转点动、反转点动、自动往返、极限终端保护、极限终端保护报警及电源指示、正转指示、反转指示、电动机过载指示。

电气原理图如图 4-10 所示，主要功能元件的作用简要说明如下。

按钮 SB_1 为停止按钮，起停止作用；SB_2 为电动机正转按钮，起自动往返正转起动作用；SB_4 为电动机反转按钮，起自动往返反转起动作用；SB_3 为电动机正转点动按钮，起正转点动作用；SB_5 为电动机反转点动按钮，起反转点动作用。行程开关 SQ_1 起正转停止、反转起动作用；SQ_2 起反转停止、正转起动作用；SQ_3 起正转极限保护和极限报警信号作用；SQ_4 起反转极限保护和极限报警作用。电铃 HA 起极限报警信号作用。HL_1 为电动机停止兼电源指示灯；HL_2 为电动机正转运转指示灯；HL_3 为电动机反转运转指示灯；HL_4 为电动机过载指示灯。

1. 正转点动

按下正转点动按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点（9－17）首先断开，切断 KM_1 线圈的自锁回路，使其不能形成自锁；SB_3 的另一组常开触点（9－11）闭合，正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转，拖动工作台向左移动；与此同时，KM_1 的一组辅助常闭触点（23－25）断开，起互锁作用，KM_1 的另一组辅助常闭触点（1－31）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_1 的一组常开触点（11－17）虽然闭合了，因 SB_3 常闭触点（9－17）的作用而无效，KM_1 的另一组常开触点（1－35）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机正转起动了。松开

按下的正转点动按钮 SB_3，正转交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电正转停止，工作台向左移动停止；与此同时，KM_1 辅助常开触点（1－35）断开，指示灯 HL_2 灭，KM_1 辅助常闭触点（1－31）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明电动机停止正转了。按动正转点动按钮 SB_3 的时间长短即为其正转点动运转时间。

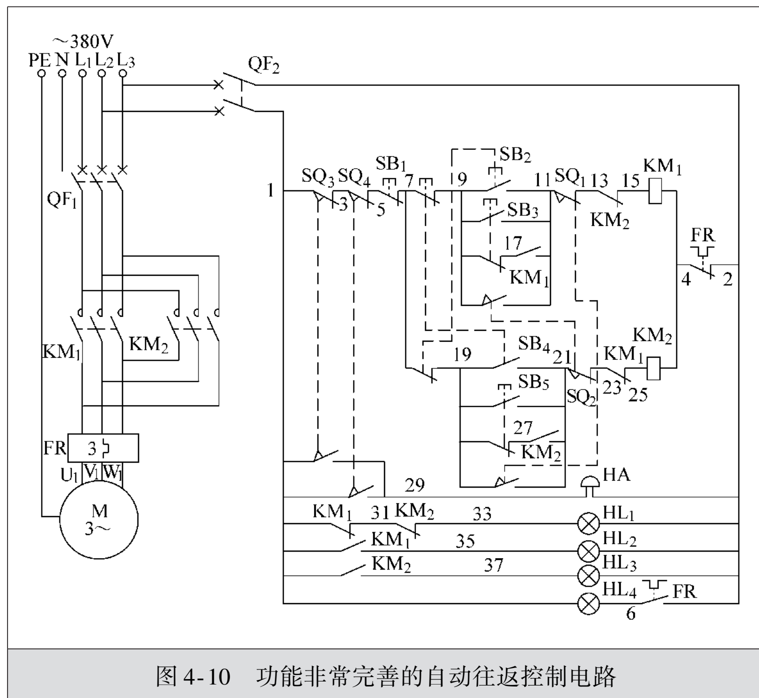


图 4-10　功能非常完善的自动往返控制电路

2. 反转点动

按下反转点动按钮 SB_5，SB_5 的一组常闭触点（19－27）首先断开，切断 KM_2 线圈的自锁回路，使其不能形成自锁；SB_5 的另一组常开触点（19－21）闭合，反转交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转，拖动工作台向右移动，与此同时，KM_2 的一组辅助常闭触点（13－15）断开，起互锁作用，KM_2 的另一组辅助常闭触点（31－33）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_2 的一组常开触点（21－27）虽然闭合了，因 SB_5 常闭触点（19－27）的作用而无效，KM_2 的另一组常开触点（1－37）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机反转起动了。松开按下的反转点动按钮 SB_5，反转交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电反转停止，工作台向右移动停止；与此同时，KM_2 辅助常开触点（1－37）断开，指示灯 HL_3 灭，KM_2 辅助常闭触点（31－33）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明电动机停止反转了。按动反转点动按钮 SB_5 的时间长短即为其反转点动运转时间。

3. 自动往返循环控制

无论操作正转起动按钮 SB_2 还是反转起动按钮 SB_4，均能任意对其进行自动往返循环起动控制。若先按下正转起动按钮 SB_2，首先 SB_2 串联在反转交流接触器 KM_2 线圈回路中的一组常闭触点（7－19）断开，切断反转交流接触器 KM_2 线圈回路起互锁保护作用；SB_2 的另一组常开触点（9－11）闭合，使正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（11－17）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转，拖动工作台向左移动。与此同时，KM_1 辅助常闭触点（1－31）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_1 辅助常开触点（1－35）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机正转了。在此期间，可任意对电动机进行停止或反转起动操作，且反转起动时不需按下停止按钮后再进行操作，可进行直接操作。

当工作台向左移动到位后，左端限位开关 SQ_1 碰触压合动作，SQ_1 的一组常闭触点（11－13）断开，切断正转交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电正转停止，工作台向左移动停止；同时，KM_1 辅助常开触点（1－35）断开，指示灯 HL_2 灭，KM_1 辅助常闭触点（1－31）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明电动机正转停止了。与此同时 SQ_1 的另一组常开触点（19－21）闭合，接通了反转交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（21－27）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转起动，拖动工作台向右移动；同时 KM_2 辅助常闭触点（31－33）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_2 辅助常开触点（1－37）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机反转了。

当工作台向右移动到位后，右端限位开关 SQ_2 碰触压合动作，SQ_2 的一组常闭触点（21－23）断开，切断反转交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电反转停止，工作台向右移动停止；同时，KM_2 辅助常开触点（1－37）断开，指示灯 HL_3 灭，KM_2 辅助常闭触点（31－33）闭合，指示灯 HL_1 亮，说明电动机反转停止了。与此同时 SQ_2 的另一组常开触点（9－11）闭合，接通了正转交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（11－17）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转起动，拖动工作台向左移动；同时 KM_1 辅助常闭触点（1－31）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_1 辅助常开触点（1－35）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机正转了。如此这般，往返循环下去，实现自动往返循环控制。

4. 极限限位保护

当工作台向左或向右移动到位行程开关 SQ_1 或 SQ_2 损坏不能进行停止控制时，其工作台必然继续向此方向移动，无论是向左还是向右移动碰触压合到极限行程开关 SQ_3 或 SQ_4 时，其常闭触点（1－3、3－5）断开，切断其交流接触器线圈回路电源，使其线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机失电停止运转。同时，SQ_3 或 SQ_4 的常开触点（1－29、1－29）闭合，接通报警电铃回路电源，电铃得电发出报警声，以告知出现超越限位故障。

第 5 章　电动机速度控制电路

例 41　用三只交流接触器手动控制的双速电动机调速电路

图 5-1 所示是用三只交流接触器手动控制的双速电动机调速电路，它的特点是可任意改变其运转速度，既可以先用低速，再手动加速到高速，又可以先用高速，再手动减速到低速，还可以直接用低速或可以直接用高速。

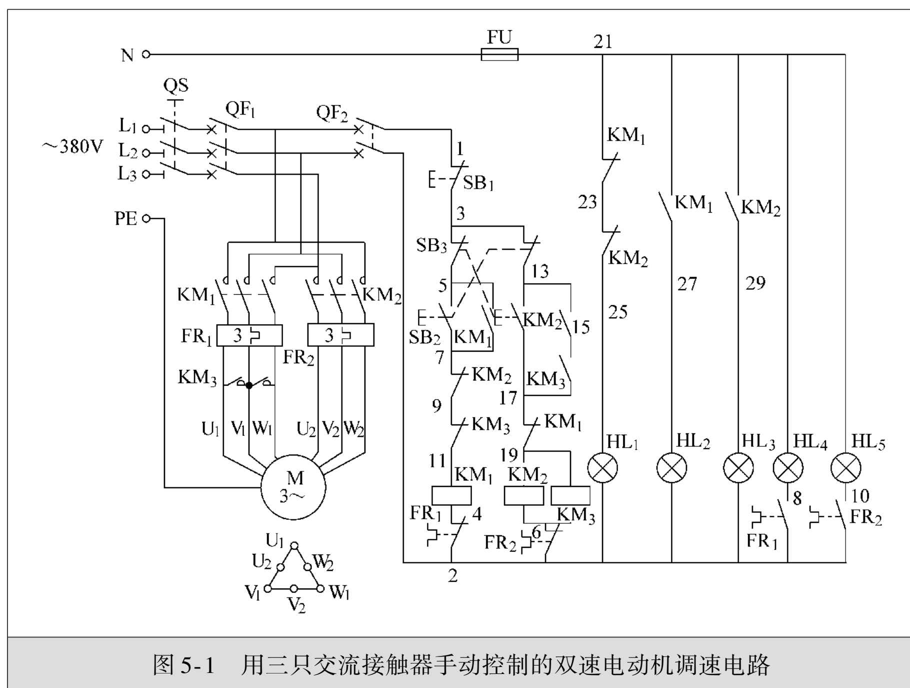


图 5-1　用三只交流接触器手动控制的双速电动机调速电路

1. 低速起动

按下低速起动按钮 SB_2，其一组常闭触点（3－13）断开，切断高速控制交流接触器 KM_2、KM_3线圈回路电源，起到停止高速及按钮互锁作用；其另一组常开触点（5－7）闭合，接通了低速交流接触器 KM_1线圈回路电源，低速交流接触器 KM_1线圈得电吸合，KM_1并联在低速起动按钮 SB_2两端的辅助常开触点（5－7）闭合自锁，KM_1三相主触点闭合，电动机得电为△联结低速起动运转；同时指示灯

HL_1灭、HL_2亮，说明电动机已低速运转了。

2．高速起动

直接按下高速起动按钮 SB_3，其一组常闭触点（3－5）断开，切断低速控制交流接触器 KM_1线圈回路电源，使 KM_1线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机失电低速△联结运转停止，起到停止作用；同时 SB_3另一组常开触点（13－17）闭合，接通了高速交流接触器 KM_2、KM_3线圈回路电源，高速交流接触器 KM_2、KM_3线圈得电吸合，KM_2、KM_3并联在高速起动按钮 SB_2两端的辅助常开触点（13－15、15－17）闭合自锁，KM_2三相主触点闭合，接通高速绕组电源，KM_3三相主触点闭合，这样电动机为 2Y联结高速起动运转；同时指示灯 HL_2灭、HL_3亮，说明电动机已高速运转了。

图 5-1 中，HL_4为低速过载指示灯；HL_5为高速过载指示灯。当电动机过载时，相应的过载指示灯应点亮，说明电动机过载了。

例 42　2Y/2Y双速电动机手动控制电路

如图 5-2 所示，2Y/2Y双速电动机定子绕组引出端为 9 根线。

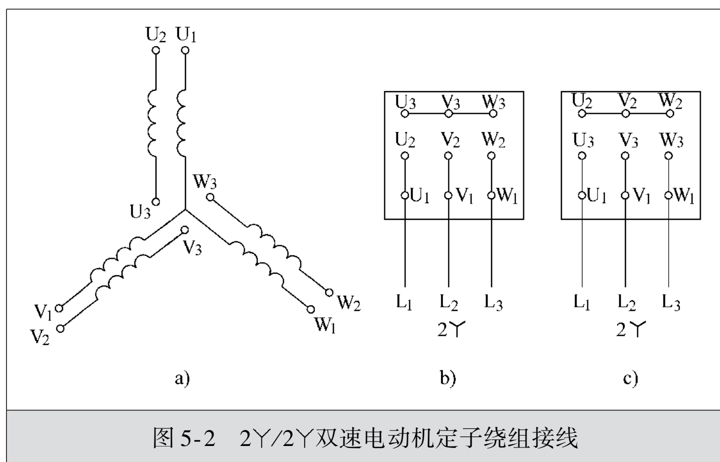


图 5-2　2Y/2Y双速电动机定子绕组接线

第一组 2Y联结：首先将引出端 U_3、V_3、W_3短接起来，再分别将引出端 U_1、U_2短接起来后通过 U_1引出端接到三相交流电源的 L_1 相上，将引出端 V_1、V_2短接起来后通过 V_1引出端接到三相交流电源的 L_2 相上，将引出端 W_1、W_2短接起来后通过 W_1引出端接到三相交流电源的 L_3 相上，这样，电动机定子绕组为一种2Y联结。

第二组 2Y联结：首先将引出端 U_2、V_2、W_2短接起来，再分别将引出端 U_1、U_3短接起来后通过 U_1引出端接到三相交流电源的 L_1 相上，将引出端 V_1、V_3短接起来后通过 V_1引出端接到三相交流电源的 L_2 相上，将引出端 W_1、W_3短接起来后通过 W_1引出端接到三相交流电源的 L_3 相上，这样，电动机定子绕组接为另一种 2

Y联结。

2Y/2Y双速电动机手动控制电路如图 5-3 所示。

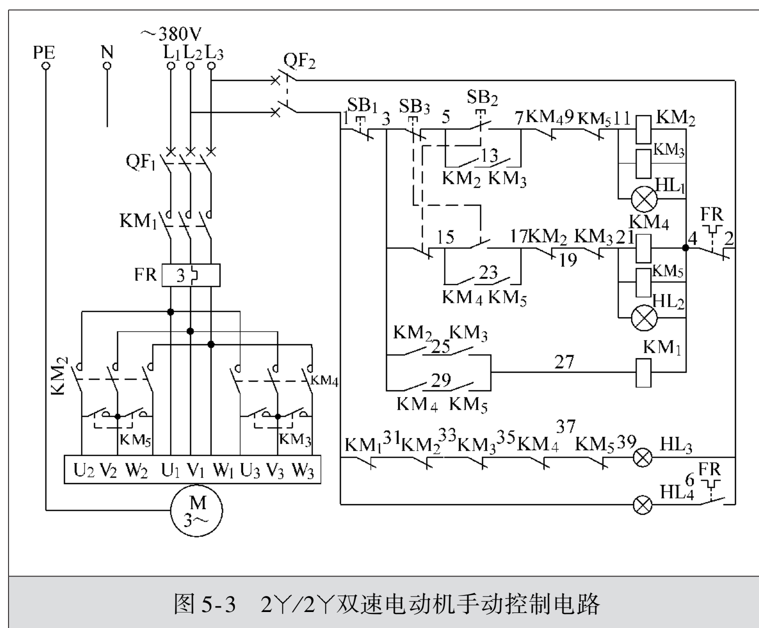


图 5-3　2Y/2Y双速电动机手动控制电路

1. 第一种速度起动

按下起动按钮 SB_2（5－7），交流接触器 KM_2、KM_3线圈得电吸合且 KM_2、KM_3各自的辅助常开触点（5－13、7－13）闭合自锁，KM_2、KM_3串联在 KM_1线圈回路中的常开触点（3－25、25－27）闭合，KM_1线圈也得电吸合，这样，交流接触器 KM_2三相主触点分别将 U_1、U_2，V_1、V_2，W_1、W_2短接后接至电源交流接触器 KM_1三相主触点的下端，交流接触器 KM_3主触点将 U_3、V_3、W_3短接起来，组成第一种 2Y联结，KM_1三相主触点闭合，电动机得电以第一种速度起动。同时指示灯 HL_3灭、HL_1亮，说明电动机已以第一种速度起动运转了。

2. 第二种速度起动

按下起动按钮 SB_3，SB_3的一组常闭触点（3－5）断开，切断 KM_2、KM_3及 KM_1线圈回路电源，使 KM_2、KM_3、KM_1线圈断电释放，KM_2、KM_3、KM_1各自的三相主触点断开，电动机失电停止运转。与此同时，SB_3的另一组常开触点（15－17）闭合，交流接触器 KM_4、KM_5线圈得电吸合且 KM_4、KM_5各自的辅助常开触点（15－23、17－23）闭合自锁，KM_4、KM_5串联在 KM_1线圈回路中的辅助常开触点（3－29、27－29）闭合，KM_1线圈也得电吸合，这样，交流接触器 KM_4三相主触点分别将 U_1、U_3，V_1、V_3、W_1、W_3短接起来后接至电源交流接触器 KM_1三相主触点的下端，交流接触器 KM_5将 U_2、V_2、W_2短接起来，组成第二种 2Y联结，KM_1三相主触点闭合，电动机得电已以第二种速度起动。同时指示灯 HL_3灭、HL_2

亮，说明电动机已以第二种速度起动运转了。

停止时只需按下停止按钮 SB_1（1－3）即可。

图 5-3 中，HL_1 为电动机第一种速度运转指示灯；HL_2 为电动机第二种速度运转指示灯；HL_3 为电动机停止兼电源指示灯；HL_4 为电动机过载指示灯，当电动机出现过载时此灯亮。

例 43　2△/丫双速电动机手动控制电路

如图 5-4 所示，2△/丫双速电动机定子绕组有 8 个出线端。

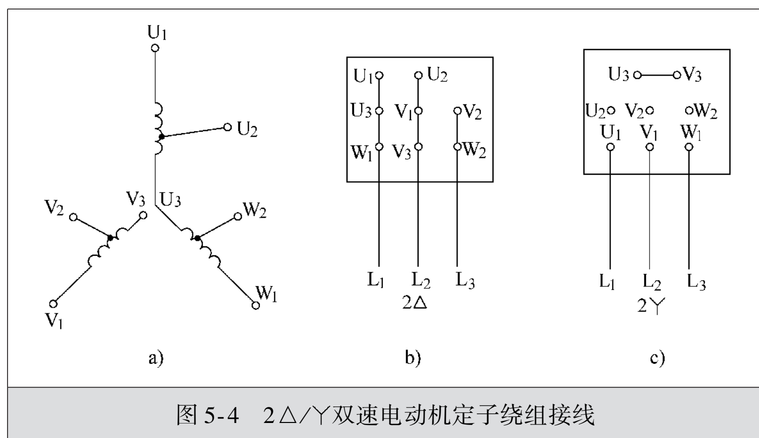


图 5-4　2△/丫双速电动机定子绕组接线

丫联结：将电动机出线端 U_3 和 V_3 短接起来，再将电动机出线端 U_1、V_1、W_1 分别接到三相交流电源的 L_1、L_2、L_3 相上，此时电动机定子绕组即为丫联结。

2△联结：将电动机出线端 U_1、U_3、W_1 短接起来接至三相交流电源的 L_1 相上，再将电动机出线端 U_2、V_1、V_3短接起来接至三相交流电源的 L_2 相上，最后将电动机出线端 V_2、W_2短接起来接至三相交流电源的 L_3 相上，此时电动机定子绕组即为 2△联结。

图 5-5 所示为 2△/丫双速电动机手动控制电路。

1．丫联结起动

按下起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常闭触点（3－17）断开，切断交流接触器 KM_3、KM_4、KM_5线圈回路电源，起到互锁作用。与此同时，SB_2 的另一组常开触点（5－7）闭合，接通交流接触器 KM_1、KM_2线圈回路电源，KM_1、KM_2 串联在 KM_3、KM_4、KM_5线圈回路中的辅助常闭触点（19－21、21－23）断开，起互锁作用；KM_1、KM_2辅助常开触点（5－15、7－15）闭合自锁，KM_1、KM_2三相主触点闭合，其中 KM_1 三相主触点将电动机引线端 U_1、V_1、W_1 接到三相交流电源的 L_1、L_2、L_3 相上，KM_2 三相主触点将电动机引线端 U_3、V_3 短接起来，这样，电动机定子绕组连接成丫联结起动运转。同时 KM_1、KM_2 辅助常闭触点（1－29、29－31）断开，停止兼作电源指示灯 HL_1 灭，KM_1、KM_2 辅助常开触点（1－39、39－41）

闭合，Y联结运转指示灯 HL_2亮，说明电动机已Y联结起动运转了。

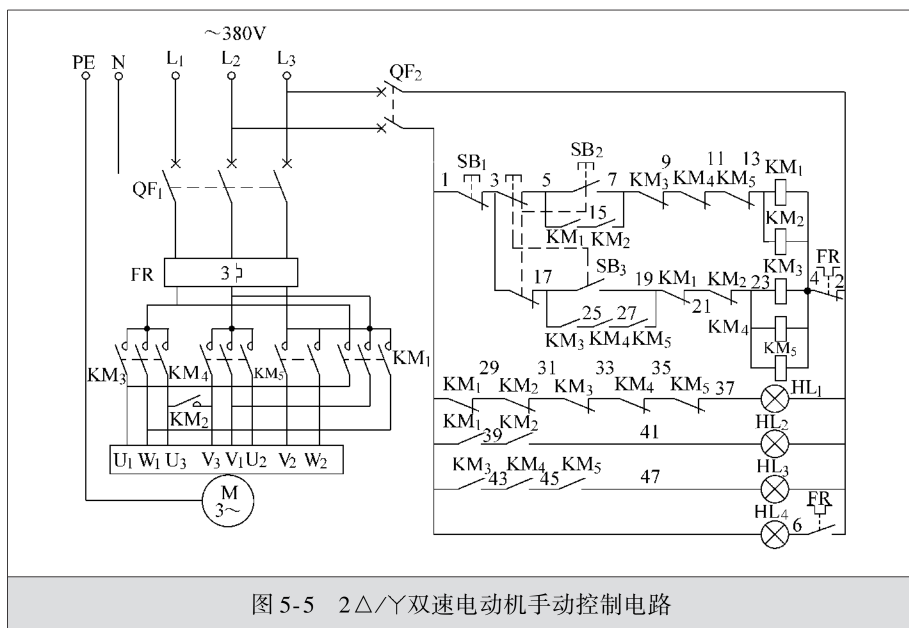


图 5-5　2△/Y双速电动机手动控制电路

2．2△联结起动

按下起动按钮 SB_3，SB_3的一组常闭触点（3－5）断开，切断交流接触器KM_1、KM_2线圈回路电源，KM_1、KM_2线圈断电释放，KM_1、KM_2三相主触点断开，电动机Y联结停止运转。与此同时，SB_3的另一组常开触点（17－19）闭合，交流接触器 KM_3、KM_4、KM_5线圈得电吸合且 KM_3、KM_4、KM_5辅助常开触点（17－25、25－27、19－27）闭合自锁，KM_3、KM_4、KM_5各自的三相主触点闭合，其中KM_3三相主触点将电动机引线端 U_1、W_1、U_3短接起来后接至三相电源的 L_1 相上，KM_4三相主触点将电动机引线端 V_3、V_1、U_2短接起来后接至三相电源的 L_2 相上，KM_5三相主触点将电动机引线端 V_2、W_2短接起来后接至三相电源的 L_3 相上。这样，电动机定子绕组连接成2△联结起动运转。同时 KM_3、KM_4、KM_5辅助常闭触点（31－33、33－35、35－37）断开，停止兼作电源指示灯 HL_1灭，KM_1、KM_2辅助常开触点（1－39、39－41）恢复常开状态，Y联结运转指示灯 HL_2灭，KM_3、KM_4、KM_5辅助常开触点（1－43、43－45、45－47）闭合，2△联结运转指示灯HL_3亮，说明电动机已2△联结起动运转了。

无论电动机是Y联结运转还是2△联结运转，欲停止时只要按下停止按钮 SB_1即可使其电动机失电停止运转。

图5-5中，HL_1为电动机停止兼电源指示灯；HL_2为电动机Y联结运转指示灯；HL_3为电动机2△联结运转指示灯；HL_4为过载指示灯，当电动机过载时此灯亮，说明电动机过载了。

例 44　△/△双速电动机手动控制电路

如图 5-6 所示，△/△双速电动机定子绕组引出端有 9 根线。

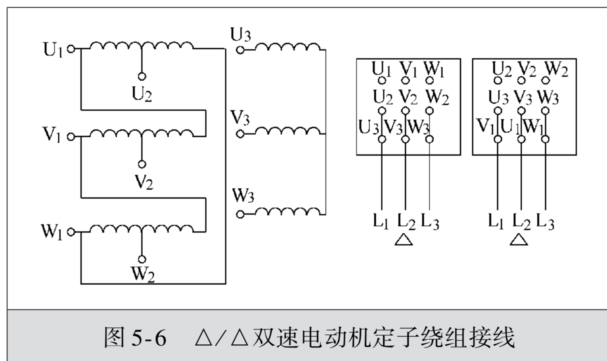


图 5-6　△/△双速电动机定子绕组接线

第一种△联结：将引出端 U_2、U_3短接后接到三相交流电源的 L_1 相上，将引出端 V_2、V_3短接后接到三相交流电源的 L_2 相上，将引出端 W_2、W_3短接后接到三相交流电源的 L_3 相上，余下的 U_1、V_1、W_1悬空不接，电动机定子绕组为一种△联结。

第二种△联结：将引出端 V_1、U_3短接后接到三相交流电源的 L_1 相上，将引出端 U_1、W_3短接后接到三相交流电源的 L_2 相上，将 W_1、V_3短接后接到三相交流电源的 L_3 相上，余下的 U_2、V_2、W_2悬空不接，电动机定子绕组为另一种△联结。

对于△/△双速电动机手动控制电路，实际上很简单，只要弄清楚第一种△联结和第二种△联结方式就可以加以控制了。也就是说，利用交流接触器 KM_1将三相交流电源 L_1、L_2、L_3 分别接至电动机定子绕组引出端 U_3、V_3、W_3上，然后再利用交流接触器 KM_2的三相主触点分别短接 U_3、U_2，V_3、V_2，W_3、W_2即可，这样，可将交流接触器 KM_1、KM_2两只线圈并联工作，来控制第一种△联结，也就是第一种速度控制。另外，再利用交流接触器 KM_3将三相交流电源 L_1、L_2、L_3 分别接至电动机定子绕组引出端 U_3、W_3、V_3上（注意电源倒相了），然后再利用交流接触器 KM_4的三相主触点分别短接 V_1、U_3，U_1、W_3，W_1、V_3即可，这样，可将交流接触器 KM_3、KM_2两只线圈并联工作，来控制第二种△联结，也就是第二种速度控制。

通过以上分析，现给出简单实用的△/△双速电动机手动控制电路，并对工作原理加以叙述，如图 5-7 所示。

1. 第一种速度△联结起动控制

按下起动按钮 SB_2，SB_2的一组常闭触点（3－15）断开，切断交流接触器 KM_3、KM_4线圈回路电源，使其不能工作，起到按钮常闭触点互锁作用；SB_2的另一组常开触点（5－7）闭合，接通交流接触器 KM_1、KM_2线圈回路电源和指示灯 HL_1，交流接触器 KM_1、KM_2线圈得电吸合且 KM_1、KM_2各自的辅助常开触点

（5－13、7－13）闭合自锁，指示灯 HL_1亮，KM_1三相主触点闭合，将三相交流电源 L_1、L_2、L_3 分别接至电动机引出端 U_3、V_3、W_3，KM_2三相主触点闭合，将电动机引出端 U_3、U_2，V_3、V_2，W_3、W_2分别短接，此时电动机绕组被连接成第一种△联结，电动机得电以第一种速度起动运转。同时 KM_1、KM_2辅助常闭触点（1－25、25－27）断开，指示灯 HL_3灭，由于在交流接触器 KM_1、KM_2线圈得电吸合的同时，指示灯 HL_1就被点亮，说明电动机按第一种△联结速度运转了。

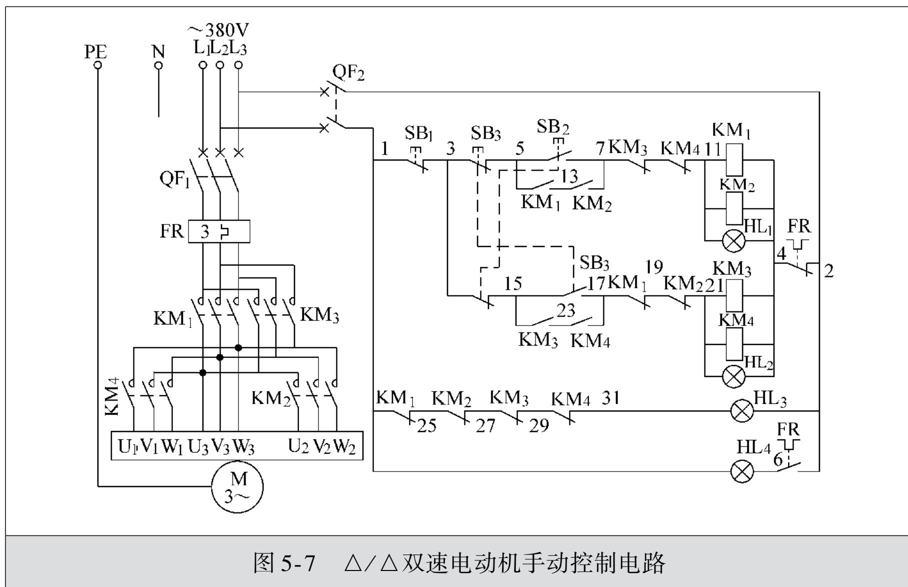


图 5-7　△/△双速电动机手动控制电路

2. 第二种速度△联结起动控制

按下起动按钮 SB_3，SB_3的一组常闭触点（3－5）断开，切断交流接触器 KM_1、KM_2线圈回路电源，使 KM_1、KM_2线圈断电释放，KM_1、KM_2各自的三相主触点断开，解除对电动机的供电及对各引出端的短接；SB_3的另一组常开触点（15－17）闭合，接通交流接触器 KM_3、KM_4线圈回路电源和指示灯 HL_2，交流接触器 KM_3、KM_4线圈得电吸合且 KM_3、KM_4辅助常开触点（15－23、17－23）闭合自锁，指示灯 HL_2亮，KM_3三相主触点闭合，将三相交流电源 L_1、L_2、L_3 分别接至电动机引出端 U_3、W_3、V_3（注意，电源相序倒相了），KM_4三相主触点闭合，将电动机引出端 V_1、U_3，U_1、W_3，W_1、V_3分别短接，此时电动机绕组被连接成第二种△联结，电动机得电以第二种速度起动运转。同时 KM_3、KM_4辅助常闭触点（27－29、29－31）断开，指示灯 HL_3灭，由于在交流接触器 KM_3、KM_4线圈得电的同时，指示灯 HL_3就被点亮，说明电动机按第二种△联结速度运转了。

停止时，只需按下停止按钮 SB_1（1－3）即可。

图 5-7 中，HL_1为电动机第一种速度运转指示灯；HL_2为电动机第二种速度运转指示灯；HL_3为电动机停止兼电源指示灯；HL_4为电动机过载指示灯，当电动机

出现过载时，此灯被点亮。

例 45　2Y/Y双速电动机手动控制电路

如图 5-8 所示，2Y/Y双速电动机定子绕组有 6 个出线端，若将出线端 U_2、V_2、W_2悬空不接，将出线端 U_1、V_1、W_1分别接至三相交流电源的 L_1、L_2、L_3 相上，此时电动机定子绕组接成Y联结；若将出线端 U_1、V_1、W_1全部连接起来，再将出线端 U_2、V_2、W_2分别接至三相交流电源的 L_1、L_2、L_3 相上，此时电动机定子绕组接成2Y联结。电路如图 5-9 所示。

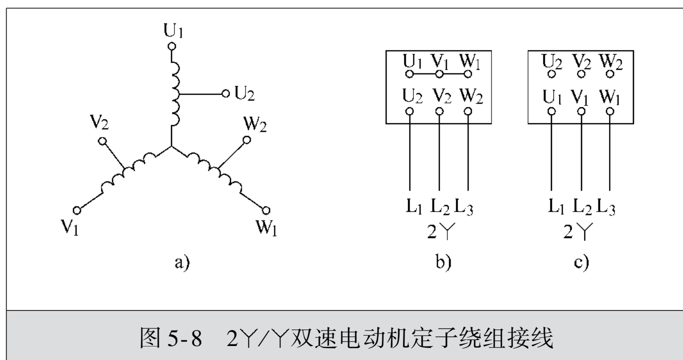


图 5-8　2Y/Y双速电动机定子绕组接线

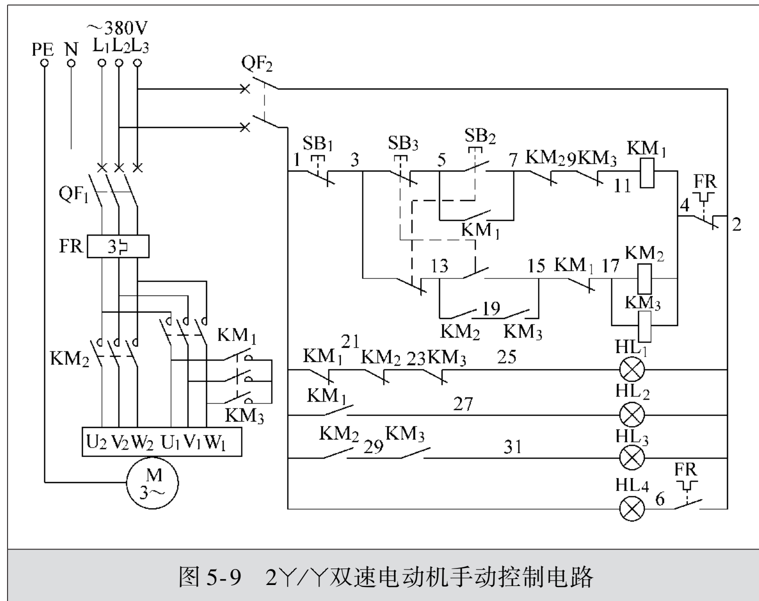


图 5-9　2Y/Y双速电动机手动控制电路

1. Y联结起动

按下Y联结起动按钮 SB_2，SB_2的一组常闭触点（3－13）断开，使交流接触器 KM_2、KM_3线圈回路断开，起到互锁作用；SB_2 的另一组常开触点（5－7）闭合，

将接通交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点(5－7)闭合自锁，KM_1 的一组辅助常闭触点（15－17）断开，起到互锁作用，KM_1 三相主触点闭合，电动机出线端 U_1、V_1、W_1 分别接至三相电源的 L_1、L_2、L_3 相上，电动机定子绕组接成Y联结起动运转。同时 KM_1 辅助常闭触点（1－21）断开，电源兼作停止指示灯 HL_1 灭，KM_1 辅助常开触点（1－27）闭合，Y联结运转指示灯 HL_2 亮，说明电动机已Y联结起动运转了。

2. 2Y联结起动

按下 2Y联结起动按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点（3－5）断开，切断了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机Y联结运转停止，起到互锁作用；SB_3 的另一组常开触点（13－15）闭合，将接通交流接触器 KM_2、KM_3 线圈回路电源，KM_2、KM_3 线圈均得电吸合且 KM_2、KM_3 各自的辅助常开触点（13－19、15－19）闭合自锁，KM_2、KM_3 各自的一组辅助常闭触点（7－9、9－11）断开，起到互锁作用，KM_2、KM_3 三相主触点闭合，其中 KM_2 三相主触点将电动机出线端 U_2、V_2、W_2 分别接至三相交流电源的 L_1、L_2、L_3 相上，KM_3 三相主触点将电动机引出端 U_1、V_1、W_1 全部连接起来，组成人为Y点，此时电动机定子绕组接成 2Y联结起动运转。同时，KM_2、KM_3 辅助常闭触点（21－23、23－25）断开，电源兼作停止指示灯 HL_1 灭，KM_2、KM_3 辅助常开触点（1－29、29－31）闭合，2Y联结运转指示灯 HL_3 亮，说明电动机已转为 2Y联结起动运转了。

图 5-9 中，HL_1 为电动机停止兼电源指示灯；HL_2 为电动机Y联结运转指示灯；HL_3 为电动机 2Y联结运转指示灯；HL_4 为电动机过载指示灯，在电动机出现过载时被点亮，告知相关人员电动机过载了。

例 46　双速电动机自动加速控制电路(1)

图 5-10 所示为双速电动机在起动时为低速，再自动加速到高速的应用电路。它实际上在使用时仅为一个高速，而低速只是高速运行前的一个过渡速度。

起动时，按下起动按钮 SB_2(3－5)，失电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，KT 失电延时断开的常开触点（5－9）立即闭合，接通了低速交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，双速电动机连接成△联结低速起动。此时，KM_1 辅助常闭触点（17－19）断开，KM_1 辅助常开触点（17－23）闭合，指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机已低速起动。同时，KM_1 串联在高速交流接触器 KM_2、KM_3 线圈回路中的辅助常闭触点（13－15）断开，起到互锁作用，并为低速停止后转为高速做准备。同时 KM_1 辅助常开触点（5－13）闭合，使中间继电器 KA 线圈得电吸合且双重自锁（5－13、3－5），KA 串联在 KT 线圈回路中的常闭触点（5－7）断开，切断失电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KT 线圈断电释放，并开始延时。

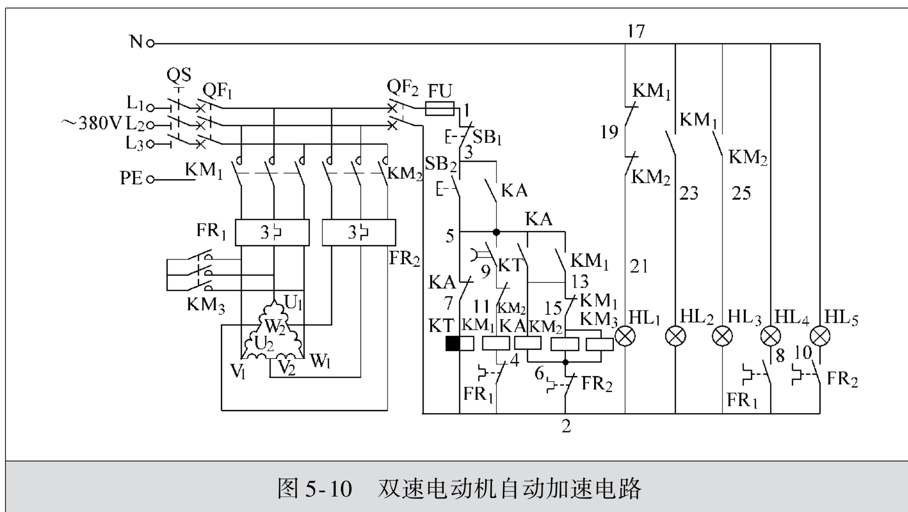


图 5-10　双速电动机自动加速电路

经 KT 一段延时后，KT 失电延时断开的常开触点（5－9）断开，切断了低速交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机低速△联结电源解除。同时，KM_1 辅助常闭触点（5－13）闭合，高速交流接触器 KM_2、KM_3 线圈得电吸合，KM_2、KM_3 各自的三相主触点闭合，电动机绕组连接成双Y联结高速运转，此时，指示灯 HL_2 灭、HL_3 亮，说明电动机已低速起动结束，进入高速正常运转。

停止时，按下停止按钮 SB_1（1－3），交流接触器 KM_2、KM_3 和中间继电器 KA 线圈均断电释放，KM_2、KM_3 各自的三相主触点断开，电动机失电停止运转，同时指示灯 HL_3 灭、HL_1 亮，说明电动机已停止运转。

当电动机低速起动出现过载时，热继电器 FR_1 动作，FR_1 常开触点（2－4）断开，切断控制回路电源，使其相应主触点断开，电动机失电停止运转；同时 FR_1 常开触点（2－8）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明电动机已低速过载动作了。同样，在电动机高速运行出现过载时，热继电器 FR_2 动作，FR_2 常开触点（2－10）闭合，指示灯 HL_5 亮，说明电动机已高速过载动作了。

注意：为了保证低速与高速运转方向的一致，在连接主回路时必须将高速电源相序反过来。

例 47　双速电动机自动加速控制电路(2)

图 5-11 所示为利用转换开关来选择控制双速电动机。当转换开关 SA 置于“I”位置时，双速电动机为低速△联结运转；当转换开关 SA 置于“Ⅱ”位置时，双速电动机先为低速△联结运转，经 KT 延时后自动加速到高速 2Y联结运转。

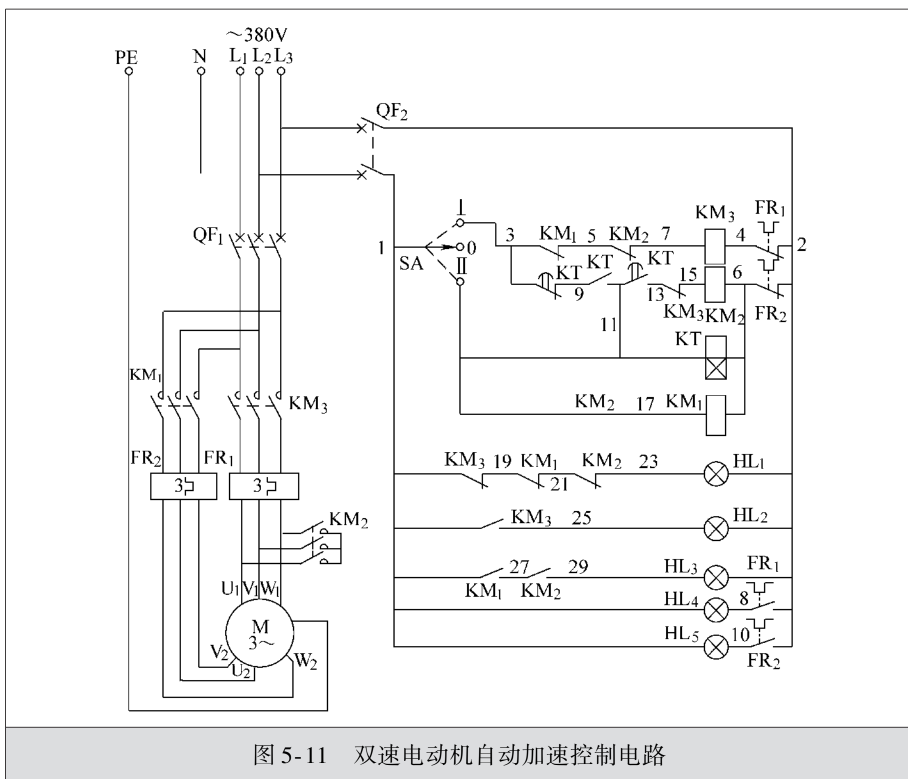


图 5-11　双速电动机自动加速控制电路

1．“Ⅰ”挡低速运转

当转换开关 SA 置于“Ⅰ”位置（1－3）时，交流接触器 KM_3 线圈得电吸合，KM_3 三相主触点闭合，电动机绕组按△联结与电源连接，三相电源由 U_1、V_1、W_1 接点接入，电动机低速△联结运转；同时 KM_3 串联在电源指示灯 HL_1 回路中的常闭触点（1－19）断开，电源指示灯 HL_1 灭，KM_3 串联在运转指示灯 HL_2 回路中的常开触点（1－25）闭合，低速△联结指示灯亮。

2．“Ⅱ”挡由低速延时自动加速到高速运转

当转换开关 SA 置于“Ⅱ”挡位置（1－11）时，得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，其不延时瞬动常开触点（9－11）闭合，接通了交流接触器 KM_3 线圈回路电源，交流接触器 KM_3 线圈得电吸合且自锁，KM_3 三相主触点闭合，电动机绕组按△联结与电源连接，三相电源由 U_1、V_1、W_1 接点接入，电动机低速△联结运转；同时 KM_3 串联在电源指示灯 HL_1 回路中的常闭触点（1－19）断开，电源指示灯 HL_1 灭，KM_3 串联在运转指示灯 HL_2 回路中的常开触点（1－25）闭合，低速△联结指示灯亮，说明电动机已进入△联结低速运转。经过 KT 一段时间延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（3－9）延时断开，切断了低速交流接触器 KM_3 线圈回路电源，KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，电动机低速△联结运转

停止，低速指示灯 HL_2 灭；同时 KT 得电延时闭合的常开触点（11－13）闭合，接通了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 串联在 KM_1 线圈回路中的辅助常开触点（11－17）闭合，使交流接触器 KM_1 线圈也得电吸合，KM_1、KM_2 各自的三相主触点均闭合，这样 KM_2 主触点将 U_1、V_1、W_1 短接起来，KM_1 主触点闭合，三相电源由 V_2、U_2、W_2 接点接入（电源反相了，否则电动机低速与高速转向不一致），与绕组内部Y接并为2Y联结，电动机自动转入2Y联结高速运转；同时 KM_1、KM_2 串联在高速指示灯回路中的辅助常开触点（1－27、27－29）闭合，高速指示灯 HL_3 亮，说明电动机已转为高速运转了。

电路中，HL_4 为低速过载指示灯，当低速过载时，热继电器 FR_1 动作，其常闭触点（2－4）断开，切断了低速交流接触器 KM_3 线圈回路电源，使 KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，电动机失电停止运转，同时 FR_1 常开触点（2－8）闭合，指示灯 HL_4 亮，说明电动机低速过载了。HL_5 为高速过载指示灯，当高速过载时，热继电器 FR_2 动作，其常闭触点（2－6）断开，切断了高速交流接触器 KM_1、KM_2 和得电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，使 KM_1、KM_2、KT 线圈均断电释放，KM_1、KM_2 三相主触点断开，电动机失电停止运转，同时 FR_2 常开触点（2－10）闭合，指示灯 HL_5 亮，说明电动机高速过载了。

例48　△－△－2Y－2Y联结四速电动机手动控制电路

该接法四速电动机定子绕组有12个出线端，如图5-12a所示。低速时，将三相电源 L_1、L_2、L_3 接至出线端 U_1、V_1、W_1，其余9个出线端均悬空不接；中速时，将三相电源 L_1、L_2、L_3 接至出线端 U_2、V_2、W_2，其余9个出线端均悬空不接；高速时，将三相电源 L_1、L_2、L_3 接至出线端 U_3、V_3、W_3，再将 U_1、V_1、W_1 短接，其余6个出线端悬空不接；最高速时，将三相电源 L_1、L_2、L_3 接至出线端 U_4、V_4、W_4，再将 U_2、V_2、W_2 短接，其余6个出线端悬空不接。

电气原理图如图5-12b所示。

1. 低速起动

按下低速起动按钮 SB_2（3－5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机绕组 U_1、V_1、W_1 通以三相380V交流电源接成△联结低速起动。同时，串联在中速、高速、最高速交流接触器 KM_2、KM_3、KM_5、KM_4、KM_6 线圈回路中的两组 KM_1 辅助常闭触点（10－16、20－22）断开，起到互锁保护作用。

2. 中速起动

按下中速起动按钮 SB_3（3－7），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（3－7）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机绕组 U_2、V_2、W_2 通以三相380V交流电源接成另一种△联结中速起动。同时，串联在低速、高速、最高速交流接触器 KM_1、KM_3、KM_5、KM_4、KM_6 线圈回路中的两组 KM_2 辅助常闭触

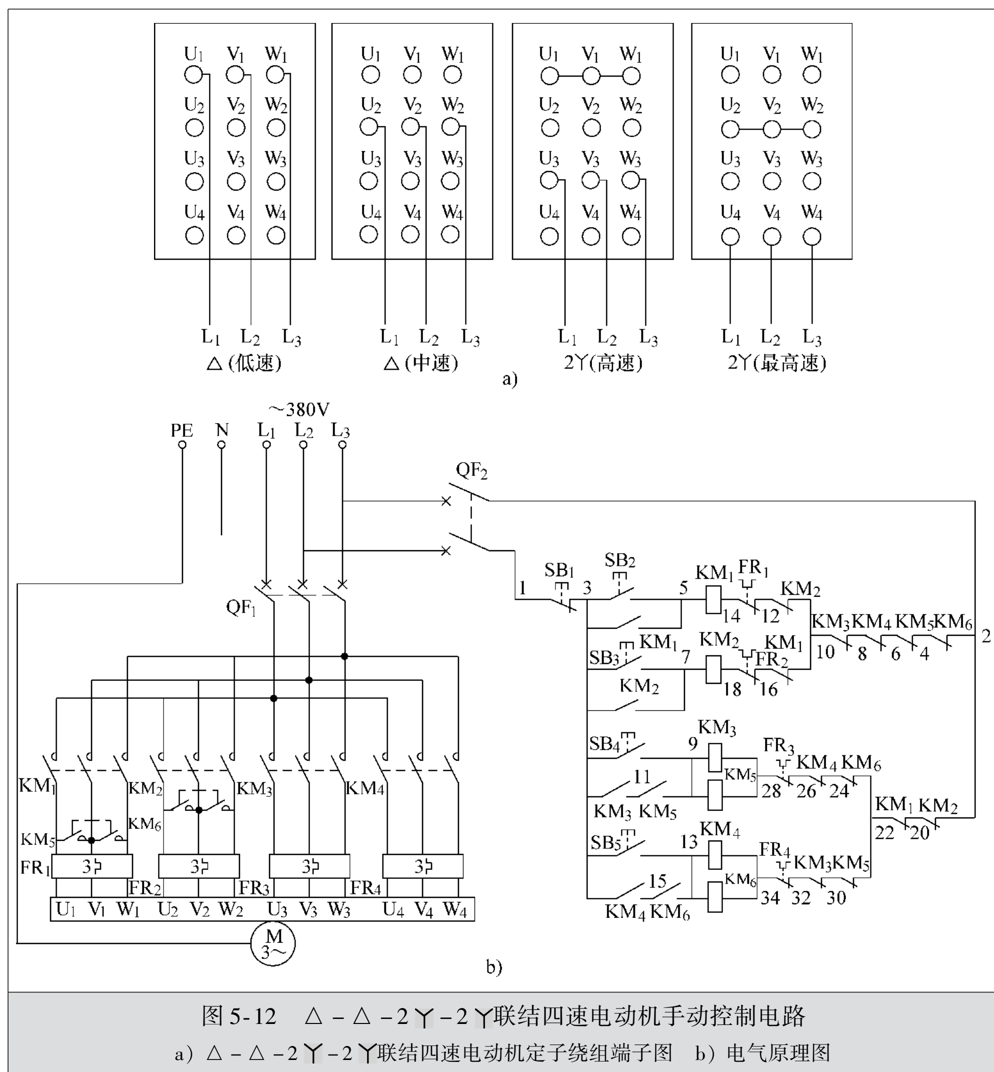


图5-12　△－△－2Y－2Y联结四速电动机手动控制电路

a）△－△－2Y－2Y联结四速电动机定子绕组端子图　b）电气原理图

点（10－12、2－20）断开，起到互锁保护作用。

3. 高速起动

按下高速起动按钮 SB_4（3－9），交流接触器 KM_3、KM_5 线圈得电吸合，KM_3、KM_5 各自的辅助常开触点（3－11、9－11）闭合串联自锁，KM_5 三相主触点闭合，将电动机绕组 U_1、V_1、W_1 接成人为Y点；KM_3 三相主触点闭合，电动机绕组 U_3、V_3、W_3 通以三相380V交流电源接成2Y联结高速起动。同时，串联在低速、中速、最高速交流接触器 KM_1、KM_2、KM_4、KM_6 线圈回路中的四组 KM_3、KM_5 辅助常闭触点（8－10、4－6、30－32、22－30）断开，起到互锁保护作用。

4. 最高速起动

按下最高速起动按钮 SB_5（3－13），交流接触器 KM_4、KM_6 线圈得电吸合，KM_4、KM_6 各自的辅助常开触点（3－15、13－15）闭合串联自锁，KM_6 三相主触点闭合，电动机绕组 U_2、V_2、W_2 短接成人为Y点；KM_4 三相主触点闭合，电动机绕组 U_4、V_4、W_4 通以三相 380V 交流电源接成另一种 2Y联结最高速起动。同时，串联在低速、中速、高速交流接触器 KM_1、KM_2、KM_3、KM_5 线圈回路中的四组 KM_4、KM_6 辅助常闭触点（6－8、2－4、24－26、22－24）断开，起到互锁保护作用。

例 49 △－Y－2Y联结三速电动机手动控制电路

△－Y－2Y联结三速电动机与Y－△－2Y联结三速电动机一样，其定子绕组也有 9 个出线端，如图 5-13a 所示。低速时，将三相电源 L_1、L_2、L_3 分别接至定子绕组出线端 U_1、V_1、W_1，其他出线端悬空不接；中速时，将三相电源 L_1、L_2、L_3 分别接至定子绕组出线端 U_2、V_2、W_2，其他出线端悬空不接；高速时，将三相电源 L_1、L_2、L_3 分别接至定子绕组出线端 U_3、V_3、W_3，再将 U_1、V_1、W_1短接起来，余下的 3 个出线端 U_2、V_2、W_2悬空不接。

本电路有两大特点：一是有按钮常闭触点互锁和接触器常闭触点互锁功能，互锁程度高；二是在低速、中速、高速操作时，不需按动停止按钮就可随意改变所需速度，操作起来很方便。

电气原理图如图 5-13b 所示。

1. 低速起动

按下低速起动按钮 SB_2，SB_2的两组常闭触点（3－11、3－17）断开，切断交流接触器 KM_3、KM_2、KM_4线圈回路电源（即切断了中速、高速交流接触器线圈回路电源），起到按钮常闭触点互锁作用；SB_2 的一组常开触点（3－5）闭合，接通交流接触器 KM_1线圈回路电源，KM_1线圈得电吸合，KM_1辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1三相主触点闭合，电动机绕组 U_1、V_1、W_1通以三相 380V 交流电源接成△联结低速起动。与此同时，KM_1的两组辅助常闭触点（8－12、14－16）断开，起到互锁作用；KM_1辅助常开触点（1－25）闭合，指示灯 HL_2亮，说明电动机已低速起动运转了。

2. 中速起动

按下中速起动按钮 SB_3，SB_3 的两组常闭触点（5－7、17－19）断开，其中 SB_3的一组常闭触点（5－7）切断交流接触器 KM_1线圈回路电源（即切断了低速、高速交流接触器线圈回路电源），KM_1线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机绕组 U_1、V_1、W_1失电而停止低速运转；KM_1 辅助常开触点（1－25）断开，低速运转指示灯 HL_2灭；其中串联在交流接触器 KM_2、KM_4线圈回路中的另一组 SB_3

常闭触点（17－19）断开，对KM_2、KM_4线圈回路起互锁作用。在SB_3起动按钮按下的同时，SB_3常开触点（11－13）闭合，接通中速交流接触器KM_3线圈回路电源，KM_3线圈得电吸合，KM_3辅助常开触点（11－13）闭合自锁，KM_3三相主触点闭合，电动机绕组U_2、V_2、W_2通以三相380V交流电源接成Y联结中速起动。与此同时，KM_3的两组辅助常闭触点（8－10、4－14）断开，起互锁作用；KM_3辅助常开触点（1－27）闭合，指示灯HL_3亮，说明电动机已中速起动运转了。

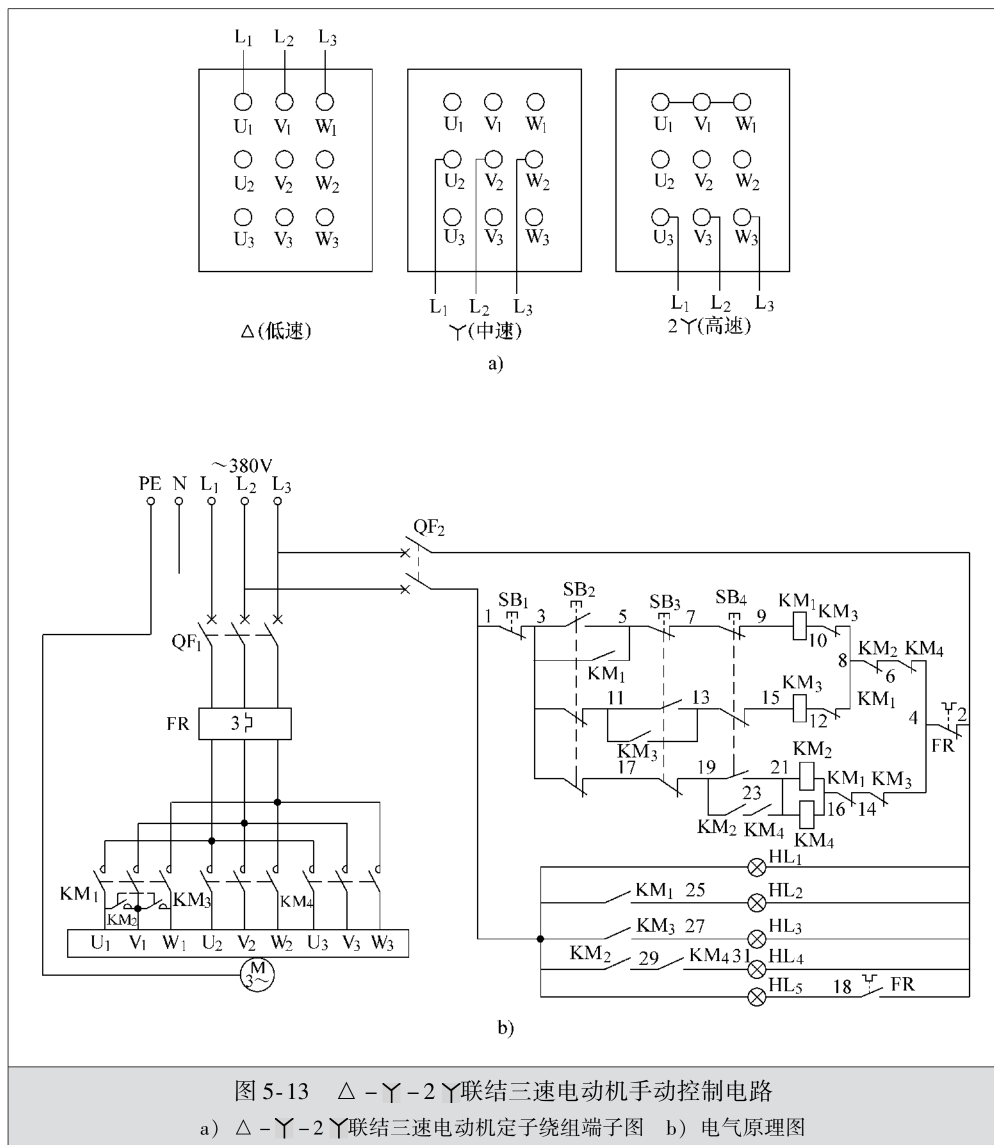


图5-13　△－Y－2Y联结三速电动机手动控制电路

a）△－Y－2Y联结三速电动机定子绕组端子图　b）电气原理图

3. 高速运转

按下高速起动按钮SB_4，SB_4的两组常闭触点（7－9、13－15）断开，其中

SB_4的一组常闭触点（13－15）切断交流接触器 KM_3线圈回路电源（即切断了低速、中速交流接触器线圈回路电源），KM_3线圈断电释放，KM_3三相主触点断开，电动机绕组 U_2、V_2、W_2失电而停止中速运转；KM_3辅助常开触点（1－27）断开，中速运转指示灯 HL_3灭；SB_4的另一组常闭触点（7－9）断开，对 KM_1线圈回路起互锁作用。在 SB_4起动按钮按下的同时，SB_4的一组常开触点（19－21）闭合，接通高速交流接触器 KM_2、KM_4线圈回路电源，KM_2、KM_4线圈得电吸合，KM_2、KM_4辅助常开触点（19－23、21－23）闭合自锁，KM_2三相主触点闭合，将电动机绕组 U_1、V_1、W_1接成人为Y点；KM_4三相主触点闭合，电动机绕组 U_3、V_3、W_3通以三相 380V 交流电源接成 2 Y联结高速起动。与此同时，KM_2、KM_4辅助常闭触点（6－8、4－6）断开，起互锁作用；KM_2、KM_4辅助常开触点（1－29、29－31）闭合，指示灯 HL_4亮，说明电动机已高速起动运转了。

4. 停止

无论电动机处于何种运转速度，只要按下停止按钮 SB_1（1－3），即可切断相应交流接触器线圈回路电源，使其线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机失电而停止运转。同时，相应指示灯灭，以指示电动机停止运转了。

例 50　三速电动机手动控制调速电路

图 5-14 所示为三速电动机手动控制调速电路。通过按钮 SB_2使交流接触器 KM_1工作，电动机低速运转；通过按钮 SB_3使交流接触器 KM_2工作，电动机中速运转；通过按钮 SB_4使交流接触器 KM_3工作，电动机高速运转。

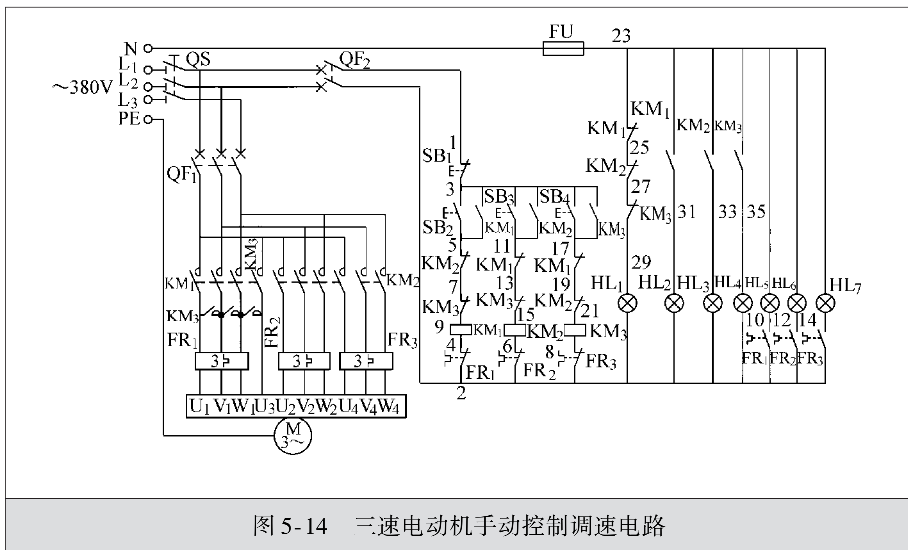


图 5-14　三速电动机手动控制调速电路

1. 低速时

按下低速起动按钮 SB_2（3－5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机出线端 U_1、V_1、W_1 通以三相 380V 电源，KM_1 另一只主触点将 W_1 端与 U_3 端短接起来，电动机定子绕组连接为△联结，电动机低速运转。同时，KM_1 辅助常闭触点（23－25）断开，辅助常开触点（23－31）闭合，指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机已低速运转了。

2. 中速时

首先将停止按钮 SB_1（1－3）按下，切断了低速交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电低速停止，同时指示灯 HL_2 灭，HL_1 亮，说明电动机低速已停止工作。这时按下中速起动按钮 SB_3（3－11），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（3－11）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机出线端 U_4、V_4、W_4 通以三相 380V 电源，电动机定子绕组连接为Y联结，电动机中速运转。同时 KM_2 辅助常闭触点（25－27）断开，辅助常开触点（23－33）闭合，指示灯 HL_1 灭、HL_3 亮，说明电动机已中速运转了。

3. 高速时

首先将停止按钮 SB_1（1－3）按下，切断了中速交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电中速停止，同时指示灯 HL_3 灭、HL_1 亮，说明电动机中速已停止工作。这时按下高速起动按钮 SB_4（3－17），交流接触器 KM_3 线圈得电吸合，KM_3 辅助常开触点（3－17）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，电动机出线端 U_2、V_2、W_2 通以三相 380V 电源，另外 KM_3 主触点将 U_1、V_1、W_1、U_4 端全部短接起来，电动机定子绕组连接为 2Y联结，电动机 2Y联结，电动机高速运转。同时，KM_3 辅助常闭触点（27－29）断开，辅助常开触点（23－25）闭合，指示灯 HL_1 灭，HL_4 亮，说明电动机已高速运转了。

图 5-14 中，HL_1 为电动机停止兼电源指示灯；HL_2 为电动机低速运转指示灯；HL_3 为电动机中速运转指示灯；HL_4 为电动机高速运转指示灯；HL_5 为低速过载指示灯，低速过载时 HL_5 亮；HL_6 为中速过载指示灯，中速过载时 HL_6 亮；HL_7 为高速过载指示灯，高速过载时 HL_7 亮。

例 51　三速电动机自动加速电路

有的三速电动机正常工作时一般用高速挡工作，而低速、中速为连续加速起动用。也就是说，为高速逐级加速起动。图 5-15 所示为三速电动机自动加速电路。

加速起动时按下起动按钮 SB_2（3－5），中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 常开触点（3－5）闭合自锁，KA 常开触点（5－7）闭合，接通了得电延时时间继电器 KT_1、低速交流接触器 KM_1 线圈电源，KM_1、KT 线圈得电吸合，KM_1 三对主触点闭合，电动机出线端 U_1、V_1、W_1 通以三相 380V 电源，另外 KM_1 另一对主触点

将 W_1 端与 U_3 端短接起来，电动机定子绕组为△联结，电动机低速起动。此时指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，电动机已处于低速起动状态。同时 KT_1 开始延时，向中速自动加速。

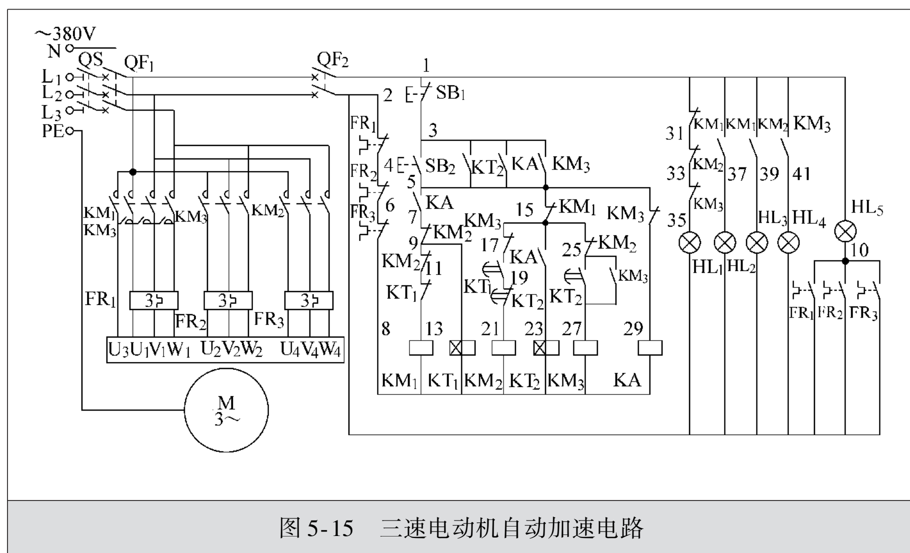


图 5-15　三速电动机自动加速电路

当经 KT_1 延时后，KT_1 得电延时断开的常闭触点（11－13）断开，KM_1 线圈断电释放，KM_1 主触点断开，电动机失电解除低速，但仍靠惯性转动。同时，KT_1 得电延时闭合的常开触点（17－19）闭合，中速交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机出线端 U_4、V_4、W_4 通以三相 380V 电源，电动机定子绕组为Y联结，电动机由低速加速到中速，电动机中速起动。此时指示灯 HL_2 灭、HL_3 亮，电动机已处于中速起动状态。同时 KT_2 开始延时，向高速自动加速。

当经 KT_2 延时后，KT_2 得电延时断开的常闭触点（19－21）断开，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电解除中速，但仍靠惯性转动。同时 KT_2 得电延时闭合的常开触点（25－27）闭合，高速交流接触器 KM_3 线圈得电吸合，KM_3 三对主触点闭合，电动机出线端 U_2、V_2、W_2 通以三相 380V 电源。另外，KM_3 另外三对主触点将 U_1、V_1、W_1、U_3 全部短接起来，电动机定子绕组为YY联结，电动机自动加速到高速运转。同时指示灯 HL_3 灭、HL_4 亮。电动机已处于高速正常运转。从而完成由低速（△联结）到中速（Y联结）再到高速（YY联结）逐挡自动加速起动。

例 52　单相电动机简易调速电路

图 5-16 中，R_1、C_1 为浪涌电压吸收保护电路，防止电动机换流时在双向晶闸管 VTH 两端出现浪涌电压；R_2、RP、C_2 构成脉冲相位控制电路；QF 为控制断路

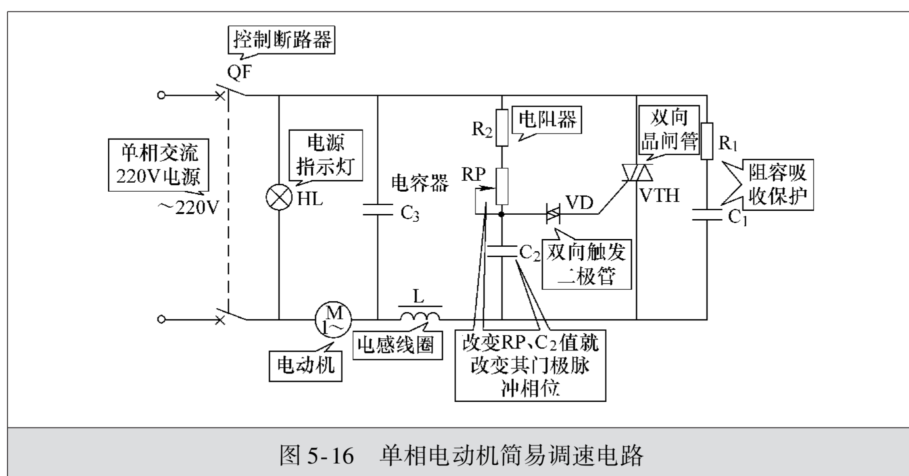


图 5-16　单相电动机简易调速电路

器，VD 为双向触发二极管；L 为电感线圈；VTH 为双向晶闸管；HL 为电源指示灯。

本电路很简单，具体工作原理如下：合上电源断路器 QF，电源指示灯 HL 亮，说明电源已正常；调节调速电位器 RP，电阻 R_2、RP 向电容 C_2充电，当 C_2两端的电压升至触发二极管 VD 的转折电压时，双向触发二极管 VD 导通，此时电容 C_2又放电，双向晶闸管 VTH 门极有脉冲电流流过因而被触发导通，双向晶闸管导通角改变，从而控制了电动机转速。

第 6 章　电动机制动控制电路

例 53　正反转点动控制短接制动电路

有些控制场合要求电动机在停止时不能自由停车，而需进行制动，使电动机迅速停止运转。对于一些功率较小的电动机（3kW 以下），所采用的制动电路不需要很复杂，最好能就地取材，做到简单易行。本例介绍的正反转点动控制短接制动电路，为最简单的且非常实用的短接制动电路，如图 6-1 所示。

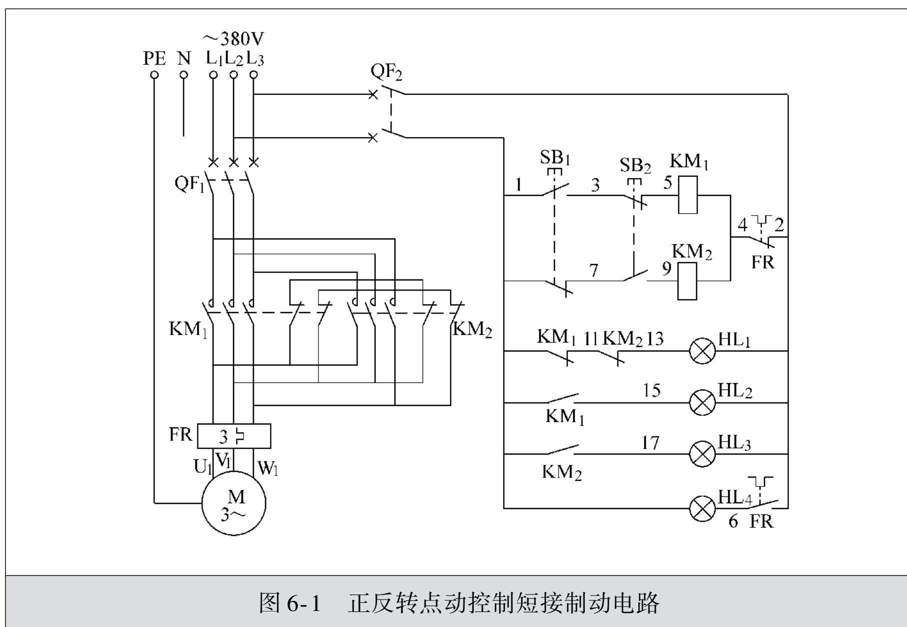


图 6-1　正反转点动控制短接制动电路

无论正转还是反转，只要按下点动按钮 SB_1(1－3)或 SB_2(7－9)，正转交流接触器 KM_1 或反转交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_1 或 KM_2 的三相主触点闭合，电动机得电正转或反转。松开点动按钮 SB_1(1－3)或 SB_2(7－9)，正转交流接触器 KM_1 或反转交流接触器 KM_2 线圈断电释放，其各自的三相主触点断开，电动机脱离三相交流电源而处于自由停机状态，电动机绕组内有剩磁，转子继续运转。此时由于正转交流接触器 KM_1 或反转交流接触器 KM_2 各自的两对辅助常闭触点闭合，将

电动机绕组短接起来，从而使电动机绕组产生制动转矩进行制动。

该电路在正反转互锁上只采用了按钮常闭触点（1－7、3－5）互锁，互锁程度不高。最好采用带机械互锁的可逆交流接触器，以增加安全可靠性。若交流接触器辅助触点不够用，可外顶挂辅助触点。在选用辅助触点时，有 NC 标志的为常闭触点，有 NO 标志的为常开触点。

图 6-1 中，HL_1为停止兼电源指示灯；HL_2为正转点动运转指示灯；HL_3为反转点动运转指示灯；HL_4为电动机过载指示灯。

例 54　电动机单向运转短接制动电路

对于功率较小的三相异步电动机来讲，最简单的制动方式就是短接制动。如图 6-2 所示，本节介绍单向运转短接制动电路。

起动时，按下起动按钮 SB_2(3－5)，交流接触器 KM 线圈得电吸合，首先 KM 并联在主回路电动机绕组上的两对辅助常闭触点断开，然后 KM 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作。同时，KM 辅助常开触点（1－7）闭合，指示灯 HL_2亮，说明电动机已起动运转了。

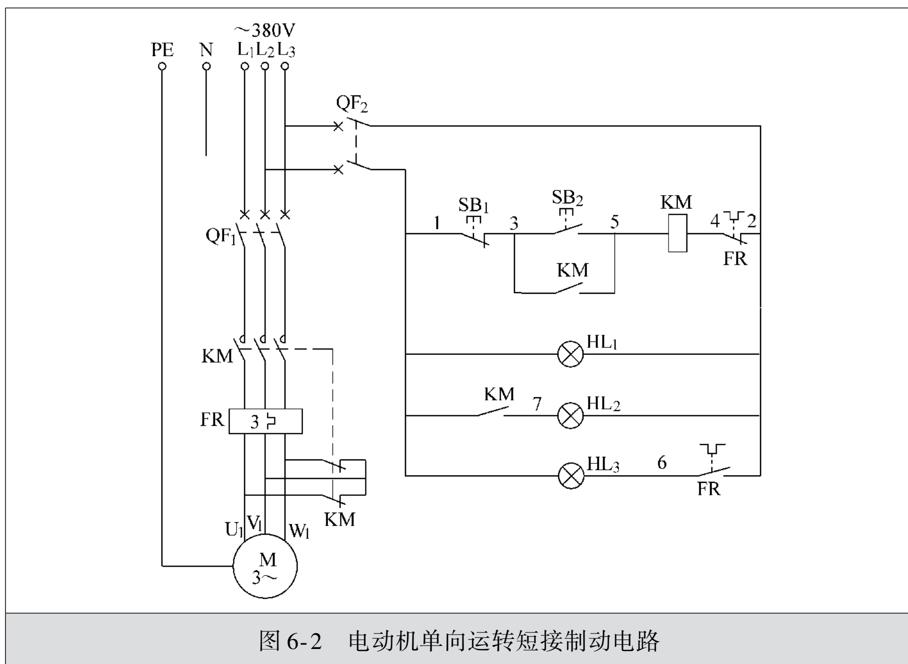


图 6-2　电动机单向运转短接制动电路

制动时，按下停止按钮 SB_1(1－3)，交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机脱离三相电源，在电动机定子绕组脱离三相电源的同时，将定子绕组短接。由于转子存在剩磁，形成了转子旋转磁场，此磁场切割定子绕组，在

定子绕组中产生感应电动势。因定子绕组已被交流接触器 KM 的辅助常闭触点短接，所以在定子绕组回路中有感应电流，此电流又与旋转磁场相互作用，产生制动转矩，迫使转子停止运转，从而完成迅速制动作用。

注意：上述电路只适用小容量的高速异步电动机及制动控制要求不高的场合。因交流接触器 KM 辅助常闭触点通断电流较小，只适用于对 3kW 以下的电动机进行控制。

例 55　用失电延时时间继电器做自励发电制动和短接制动延时控制电路

图 6-3 所示是利用失电延时时间继电器做自励发电制动和短接制动延时控制电路。

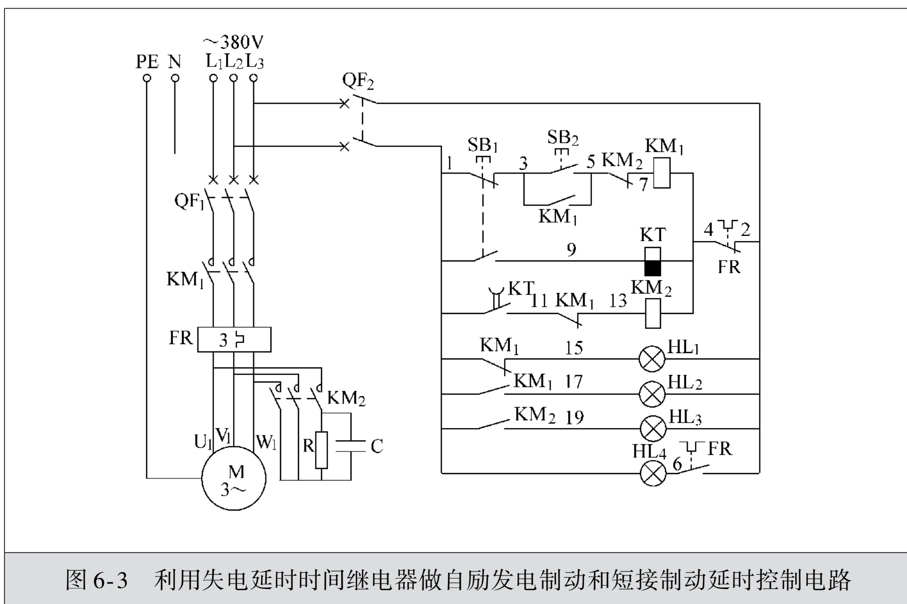


图 6-3　利用失电延时时间继电器做自励发电制动和短接制动延时控制电路

起动时，按下起动按钮 SB_2（3－5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电运转工作；同时 KM_1 辅助常闭触点（1－15）断开，电源兼作停止指示灯 HL_1 灭，KM_1 辅助常开触点（1－15）闭合，电动机运转指示灯 HL_2 亮，说明电动机已起动运转了。与此同时，KM_1 串联在制动交流接触器线圈回路中的辅助常闭触点（11－13）断开，使 KM_2 线圈不能得电吸合，起到互锁作用。

制动时，按下制动兼停止按钮 SB_1，SB_2 的一组常闭触点（1－3）断开，切断了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机脱离三相交流电源后，仍靠惯性继续转动。与此同时，SB_1 的另外一组常开触点（1－9）闭合，失电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KT 失电延时断开的常开触

点（1－11）立即闭合，接通了制动交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，将自励发电和短接制动电路接入电动机定子绕组内，对电动机进行制动，同时指示灯 HL_3 亮，说明电动机正在进行制动。此时松开按钮 SB_1，失电延时时间继电器 KT 线圈断电释放并开始延时，在 KT 延时时间内，由于交流接触器 KM_2 三相主触点的闭合，使制动电路一直对电动机定子绕组产生制动作用。待 KT 失电延时断开的常开触点（1－11）断开后，交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，制动过程结束；同时指示灯 HL_3 灭，说明制动结束。

图 6-3 中，HL_1 为电动机停止兼电源指示灯；HL_2 为电动机运转指示灯；HL_3 为电动机制动指示灯；HL_4 为电动机过载指示灯，当电动机出现过载动作后，此灯被点亮，说明电动机已过载了。

例 56　不用速度继电器的双向反接制动控制电路

不用速度继电器的双向反接制动控制电路如图 6-4 所示。

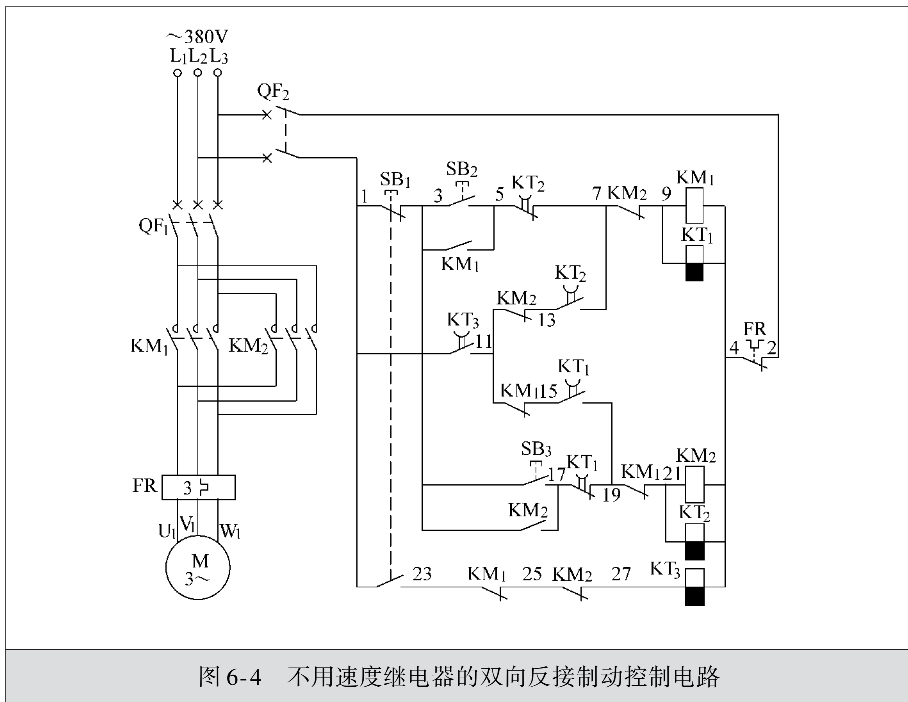


图 6-4　不用速度继电器的双向反接制动控制电路

1. 正转起动

按下正转起动按钮 SB_2（3－5），交流接触器 KM_1 和失电延时时间继电器 KT_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转起动。同时 KT_1 失电延时闭合的常闭触点（17－19）立即断开，起互锁作用，KT_1 失电延时断开的常开触点（15－19）立即闭合，为正转反接制动提供准

备条件。

2. 正转反接制动

按下停止按钮 SB_1后又松开，SB_1的一组常闭触点（1－3）断开，交流接触器 KM_1、失电延时时间继电器 KT_1线圈断电释放且 KT_1开始延时，KM_1三相主触点断开，电动机正转失电但仍靠惯性继续转动；SB_1的另一组常开触点（1－23）闭合又断开，失电延时时间继电器 KT_3线圈得电吸合后又断电释放，KT_3失电延时断开的常开触点（1－11）立即闭合，KT_3开始延时，此时交流接触器 KM_2和失电延时时间继电器 KT_2线圈得电吸合，KM_2三相主触点闭合，电动机立即得电反转起动，使电动机转速骤降而制定，起到正转反接制动作用，同时 KT_2失电延时断开的常开触点（7－13）闭合，经 KT_3、KT_1两只失电延时时间继电器延时后，其失电延时断开的常开触点（1－11、15－19）断开，切断交流接触器 KM_2和失电延时时间继电器 KT_2线圈回路电源，KM_2、KT_2线圈断电释放且 KT_2开始延时，因为此时 KT_3失电延时断开的常开触点（1－11）已断开，所以 KT_2的失电延时断开的常开触点（7－13）未延时完毕仍处于闭合状态，在正转反接制动时无效，此触点只有在反转反接制动时才起作用。

3. 反转起动

按下反转起动按钮 SB_3（3－17），交流接触器 KM_2和失电延时时间继电器 KT_2线圈得电吸合且 KM_2辅助常开触点（3－17）闭合自锁，KM_2三相主触点闭合，电动机得电反转起动。同时 KT_2失电延时闭合的常闭触点（5－7）立即断开，起互锁作用，KT_2失电延时断开的常闭触点（7－13）立即闭合，为反转反接制动提供准备条件。

4. 反转反接制动

按下停止按钮 SB_1后又松开，SB_1的一组常闭触点（1－3）断开，交流接触器 KM_2、失电延时时间继电器 KT_2线圈断电释放且 KT_2开始延时，KM_2三相主触点断开，电动机反转失电但仍靠惯性继续转动；SB_1的另一组常开触点（1－23）闭合又断开，失电延时时间继电器 KT_3线圈得电吸合后又断电释放，KT_3失电延时断开的常开触点（1－11）立即闭合，KT_3开始延时，此时交流接触器 KM_1和失电延时时间继电器 KT_1线圈得电吸合，KM_1三相主触点闭合，电动机立即得电正转起动，使电动机转速骤降而制动，起到反转反接制动作用。同时，KT_1失电延时断开的常开触点（15－19）闭合，经 KT_3、KT_2两只失电延时时间继电器延时后，其失电延时断开的常开触点（1－11、7－13）均断开，切断交流接触器 KM_1和失电延时时间继电器 KT_1线圈回路电源，KM_1、KT_1线圈断电释放且 KT_1开始延时，因为此时 KT_3失电延时断开的常开触点（1－11）已断开，所以 KT_1的失电延时断开的常开触点（15－19）未延时完毕仍处于闭合状态，在反转反接制动时无效，此触点只有在正转反接制动时才起作用。图 6-4 中，KT_1、KT_2、KT_3的延时时间可根据实际

情况而定，通常为 1～2s，三只失电延时时间继电器延时时间设置必须相同。

例 57　不用速度继电器的单向反接制动控制电路（1）

通常反接制动采用速度继电器进行控制，本电路是模拟速度继电器来完成反接制动控制的，如图 6-5 所示。也就是说，在电动机运转电源切除后，再给电动机施加一个短暂时间（1～2s）的反向电源，电动机立即被反接制动而停止。

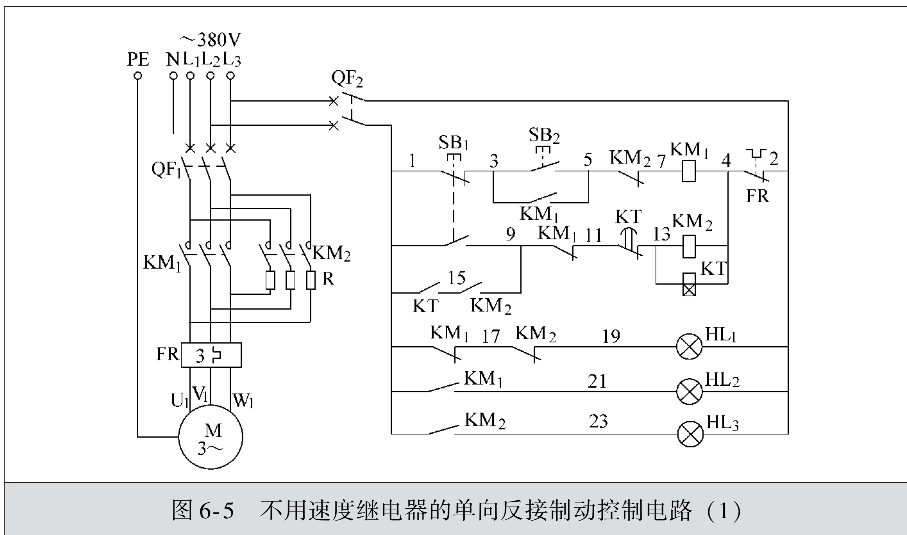


图 6-5　不用速度继电器的单向反接制动控制电路（1）

1. 起动

起动时按下起动按钮 SB_2（3－5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电起动运转；同时 KM_1 串联在交流接触器 KM_2 线圈回路中的辅助常闭触点（9－11）断开，起互锁保护作用。与此同时，KM_1 辅助常闭触点（1－17）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_1 辅助常开触点（1－21）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机已起动运转了。

2. 反接制动

当电动机起动运转后，欲进行反接制动，则将停止按钮 SB_1 按到底，首先 SB_1 的一组常闭触点（1－3）断开，切断了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电但仍靠惯性继续转动；在按下停止按钮 SB_1 的同时，SB_1 的另一组常开触点（1－9）闭合，接通了交流接触器 KM_2 和得电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KM_2、KT 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（9－15）和 KT 不延时瞬动常开触点（1－15）均闭合，两者串联组成自锁且 KT 开始延时，KM_2 三相主触点闭合，串入限流电阻器 R，电动机得以反转电源而反向运转，对电动机进行反接制动，电动机转速骤降，经 KT 一段延时（1～2s）后，KT 得电延时断开的常闭触点（11－13）断开，切断了 KM_2、KT 线圈回路电源，KM_2、KT 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电后被迅速制动停止。

同时，KM_2串联在KM_1线圈回路中的辅助常闭触点（5－7）断开，起互锁保护作用。与此同时，运转指示灯HL_2灭，反接制动指示灯HL_3亮，制动结束后，反接制动指示灯HL_3灭，电动机停止兼电源指示灯HL_1亮，说明电动机已失电停止运转了。

3. 自由停机

当电动机起动运转后，欲停止（不需要进行反接制动）时，则轻轻按下停止按钮SB_1(1－3)，交流接触器KM_1线圈断电释放，KM_1三相主触点断开，电动机失电仍靠惯性继续运转一会儿，为自由停机状态。

例58　不用速度继电器的单向反接制动控制电路（2）

1. 工作原理

不用速度继电器的单向反接制动控制电路（2）如图6-6所示。起动时串入电阻器进行减压起动，而停止时则将电阻器再串入反接制动电路中进行反接制动控制。

起动时，按下起动按钮SB_2(5－7)，交流接触器KM_1和得电延时时间继电器KT_1线圈得电吸合且KM_1辅助常开触点（5－7）闭合自锁，KT_1开始延时，KM_1三相主触点闭合，电动机得电串入电阻器R进行减压起动；经KT_1一段延时后，KT_1

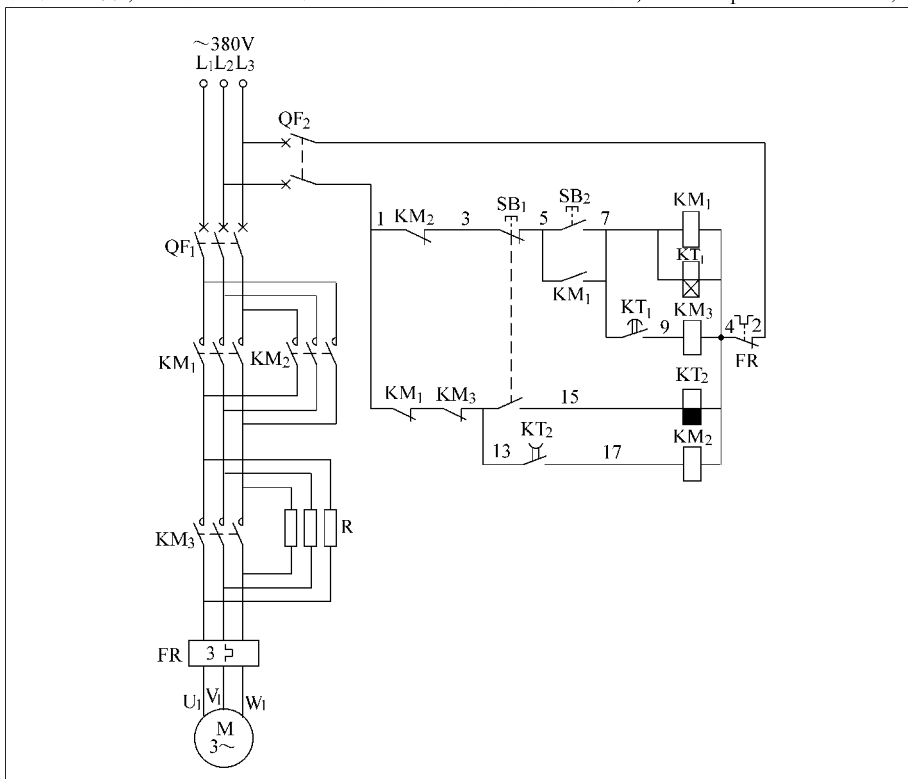


图6-6　不用速度继电器的单向反接制动控制电路（2）

得电延时闭合的常开触点（7－9）闭合，接通了交流接触器 KM_3 线圈回路电源，KM_3 线圈得电吸合，KM_3 三相主触点闭合，将串入电动机绕组回路中的三只电阻器 R 分别短接起来，电动机得以全压正常运转。

停止时，按下停止按钮 SB_1，SB_1 的一组常闭触点（3－5）断开，切断了交流接触器 KM_1、KM_3 和得电延时时间继电器 KT_1 线圈的回路电源，KM_1、KM_3 和 KT_1 线圈断电释放，KM_1、KM_3 各自的三相主触点断开，电动机失电但仍靠惯性转动。在 SB_1 按下的同时，SB_1 的另一组常开触点（13－15）闭合后断开，失电延时时间继电器 KT_2 线圈得电吸合后又断电释放，KT_2 失电延时断开的常开触点（13－17）立即闭合，KT_2 开始延时。此时，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机串入电阻器 R 立即反转运转，使电动机由正转改变为反转而迅速制动；经 KT_2 一段延时后，KT_2 失电延时断开的常开触点（13－17）断开，切断交流接触器 KM_2 线圈的回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，解除电动机反接制动电源，反接制动结束。

2. 现场接线

不用速度继电器的单向反接制动控制电路（2）现场接线如图 6-7 所示。

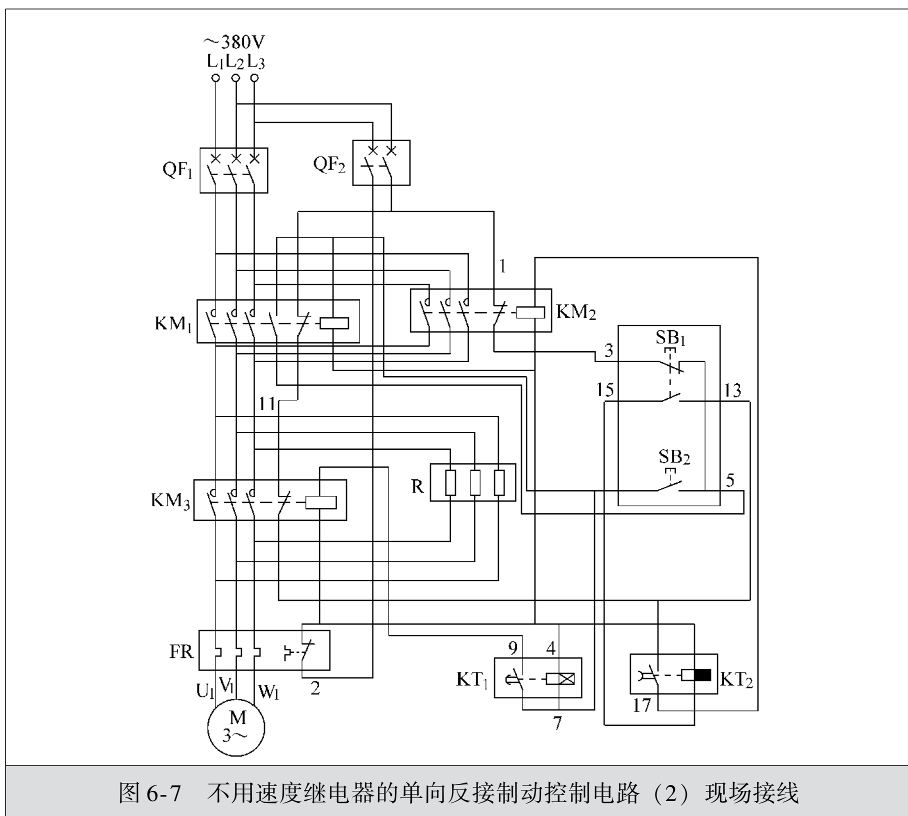


图 6-7　不用速度继电器的单向反接制动控制电路（2）现场接线

例 59　两台电动机防转子摆动的能耗制动控制电路

本电路为两台电动机同时精确停机的制动控制电路，且具有限制转子摆动的制动效果，如图 6-8 所示。

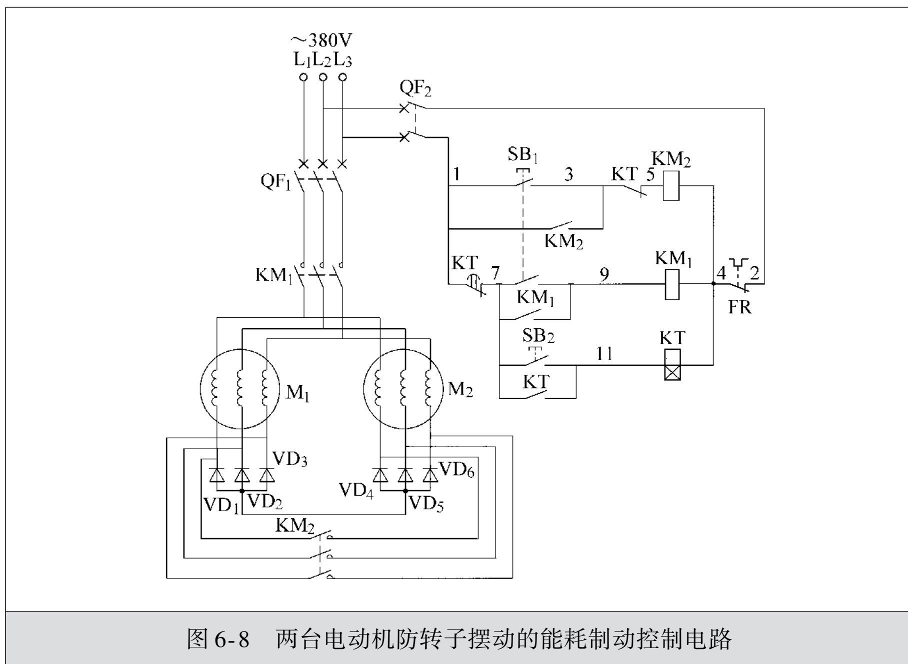


图 6-8　两台电动机防转子摆动的能耗制动控制电路

起动时，按下起动按钮 SB_1，交流接触器 KM_1、KM_2 线圈均同时得电吸合且 KM_1、KM_2 各自的辅助常开触点（7－9、1－3）分别自锁，KM_1、KM_2 各自的三相主触点均闭合，电动机 M_1、M_2 得电同时起动运转。

制动时，按下停止按钮 SB_2，得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KT 不延时瞬动常开触点（7－11）闭合自锁，KT 开始延时。KT 串联在交流接触器 KM_2 线圈回路中的常闭触点（3－5）断开，切断了 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，使两台电动机 M_1、M_2 分别通过三相互相有联系的半波整流电路进行能耗制动，使电动机快速制动。经 KT 一段延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（1－7）断开，切断了交流接触器 KM_1 和得电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KM_1、KT 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，制动过程结束。

例 60　带有限流电阻的正反转反接制动控制电路

带有限流电阻的正反转反接制动控制电路如图 6-9 所示。

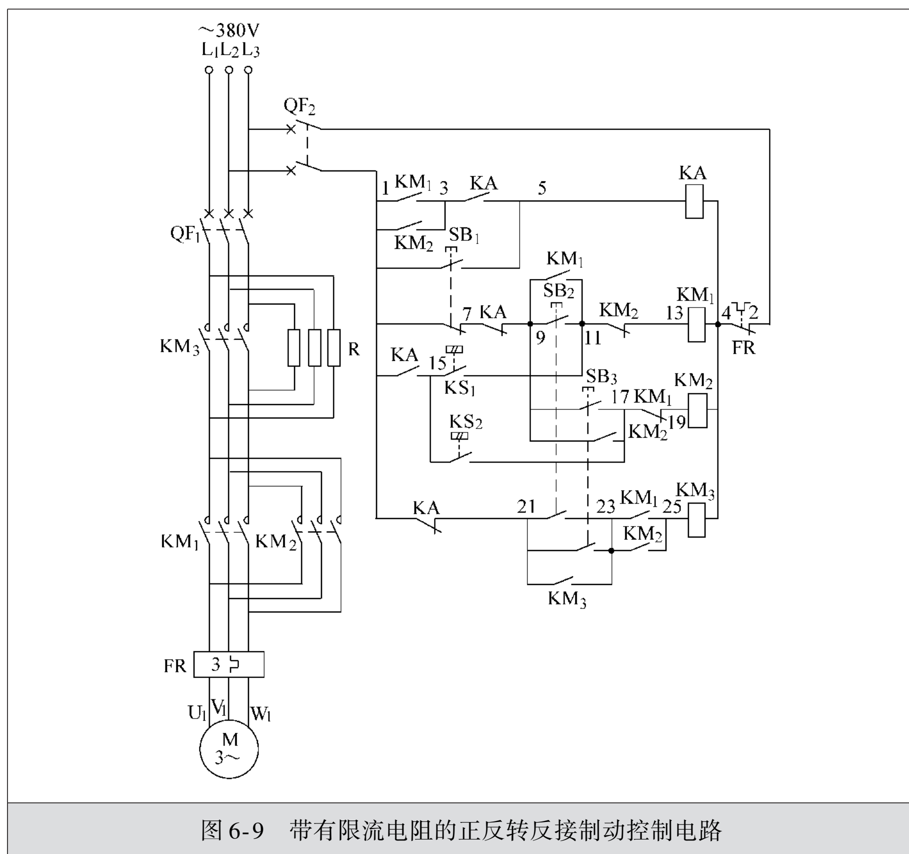


图 6-9　带有限流电阻的正反转反接制动控制电路

正转起动时，按下正转起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1、KM_3 线圈均得电吸合且分别自锁（9－11、21－23），KM_1、KM_3 各自的三相主触点闭合，其中 KM_3 三相主触点将制动电阻器 R 短接了，KM_1 将接通三相交流 380V 电源，电动机得电正转。电动机运转后，当转速大于 120r/min 时，其速度继电器的一组常开触点 KS_2（15－17）闭合，为正转反接制动做准备。

正转反接制动时，按下停止按钮 SB_1，SB_1 的一组常闭触点（1－7）断开，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机正转失电但仍靠惯性继续转动。SB_1 的另一组常开触点（1－5）闭合，中间继电器 KA 线圈得电吸合且自锁（3－5），KA 常闭触点（1－21）断开，KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开；KA 常开触点（1－15）闭合，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电串电阻器 R 进行反转，使电动机转速骤降，起到正转反接制动作用。当电动机转速降至 100r/min 以下时，速度继电器 KS_2 常开触点（15－17）断开，KM_2、KA 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机反转运转停止，从而实现正转反接制动控制。

反转起动时，按下反转起动按钮 SB_3，交流接触器 KM_2、KM_3 线圈均得电吸合

且分别自锁（9－17、21－23），KM_2、KM_3 各自的三相主触点闭合，其中 KM_3 三相主触点将制动电阻器 R 短接，KM_2 将接通三相交流 380V 电源，电动机得电反转。当电动机运转后，当转速大于 120r/min 时，其速度继电器的一组常开触点 KS_1（11－15）闭合，为反转反接制动做准备。

反转反接制动时，按下停止按钮 SB_1，SB_1 的一组常闭触点（1－7）断开，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机反转失电但仍靠惯性继续转动。SB_1 的另一组常开触点（1－5）闭合，中间继电器 KA 线圈得电吸合且自锁（3－5），KA 常闭触点（1－21）断开，KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开；KA 常开触点（1－15）闭合，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电串电阻器 R 正转，使电动机转速骤降，起到反转反接制动作用。当电动机转速降至 100r/min 以下时，速度继电器 KS_1 常开触点（11－15）断开，KM_1、KA 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机正转停止，从而实现反转反接制动控制。

例 61　用得电延时触点配合接触器对电动机进行可逆能耗制动控制电路

电路如图 6-10 所示。

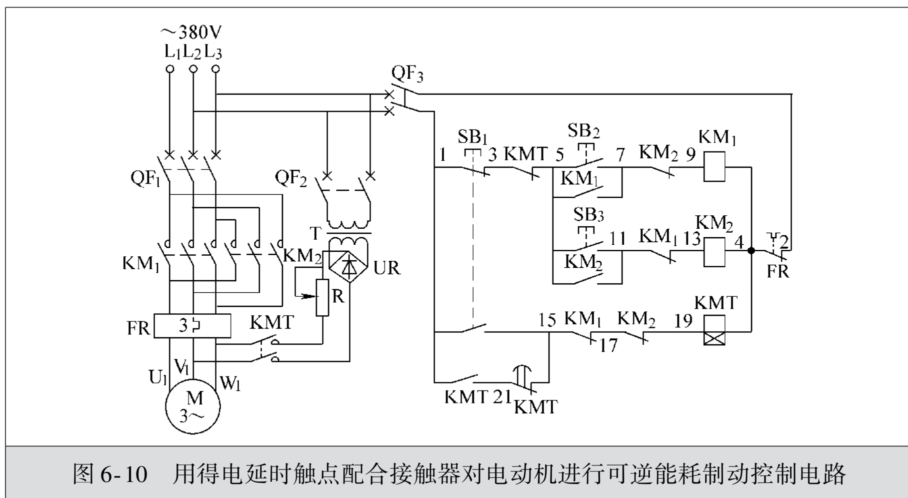


图 6-10　用得电延时触点配合接触器对电动机进行可逆能耗制动控制电路

1. 正转起动

按下正转起动按钮 SB_2（5－7），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（5－7）闭合自锁，KM_1 的两只辅助常闭触点（11－13，15－17）均断开，起互锁作用。与此同时，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转起动。

2. 正转能耗制动

将停止按钮 SB_1 按到底，SB_1 的一组常闭触点（1－3）断开，切断了交流接触

器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电但仍靠惯性继续正转；与此同时，SB_1 的另一组常开触点（1－15）闭合，接通了带得电延时触点的交流接触器 KMT 线圈回路电源，KMT 线圈得电吸合且 KMT 辅助常开触点（1－21）闭合自锁，KMT 开始延时。此时 KMT 三相主触点闭合，将直流电源接入电动机绕组内，产生一静止制动磁场，电动机被迅速制动停止。经 KMT 一段延时后，KMT 得电延时断开的常闭触点（15－21）断开，切断了 KMT 线圈回路电源，KMT 线圈断电释放，KMT 三相主触点断开，切断通入电动机绕组内的制动直流电源，电动机正转能耗制动结束。

3. 反转起动

按下反转起动按钮 SB_3（5－11），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（5－11）闭合自锁，KM_2 的两只辅助常闭触点（7－9，17－19）均断开，起互锁作用。与此同时，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转起动。

4. 反转能耗制动

将停止按钮 SB_1 按到底，SB_1 的一组常闭触点（1－3）断开，切断了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电但仍靠惯性继续反转；与此同时，SB_1 的另一组常开触点（1－15）闭合，接通了带得电延时触点的交流接触器 KMT 线圈回路电源，KMT 线圈得电吸合且 KMT 辅助常开触点（1－21）闭合自锁，KMT 开始延时。此时 KMT 三相主触点闭合，将直流电源接入电动机绕组内，产生一静止制动磁场，电动机被迅速制动停止。经 KMT 一段延时后，KMT 得电延时断开的常闭触点（15－21）断开，切断了 KMT 线圈回路电源，KMT 线圈断电释放，KMT 三相主触点断开，切断通入电动机绕组内的制动直流电源，电动机反转能耗制动结束。

例 62　用失电延时触点配合接触器控制电动机单向能耗制动电路

如图 6-11 所示，起动时按下起动按钮 SB_2(3－5)，接通了带失电延时触点的交流接触器 KMT 线圈回路电源，KMT 线圈得电吸合且 KMT 辅助常闭触点（3－5）闭合自锁。在 KMT 线圈得电时，首先 KMT 串联在交流接触器 KM 线圈回路中的辅助常闭触点（9－11）先断开，切断 KM 线圈回路，起到互锁保护作用；KMT 失电延时断开的常开触点（1－9）立即闭合，为停止时能耗制动做准备。此时 KMT 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。

能耗制动时，按下停止按钮 SB_1(1－3)，切断了带失电延时触点的交流接触器 KMT 线圈回路电源，KMT 线圈断电释放，KMT 开始延时。KMT 三相主触点断开，电动机失电但仍靠惯性继续转动。当 KMT 线圈断电释放时，KMT 串联在交流接触器 KM 线圈回路中的互锁保护辅助常闭触点（9－11）恢复常闭。接通了 KM 线圈回路电源，KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，接通通入电动机绕组内的直流电源，使电动机绕组内产生一静止制动磁场，电动机在静止制动磁场的作用下被迅速制动停止。经 KMT 一段延时后，KMT 失电延时断开的常开触点（1－9）断

开，切断了 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，解除通入电动机绕组内的直流电源，能耗制动结束。

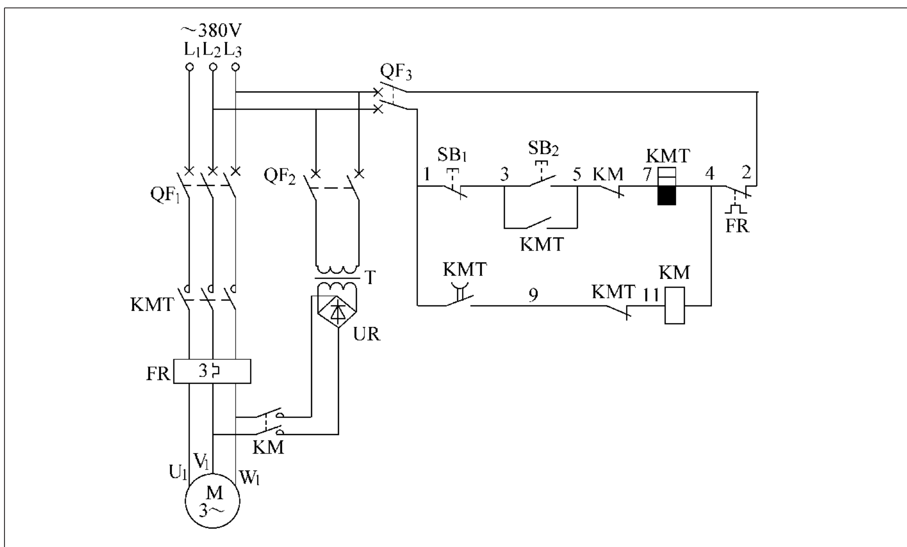


图 6-11　用失电延时触点配合接触器控制电动机单向能耗制动电路

例 63　电容制动电动机控制电路（1）

电容制动电动机控制电路（1）如图 6-12 所示。

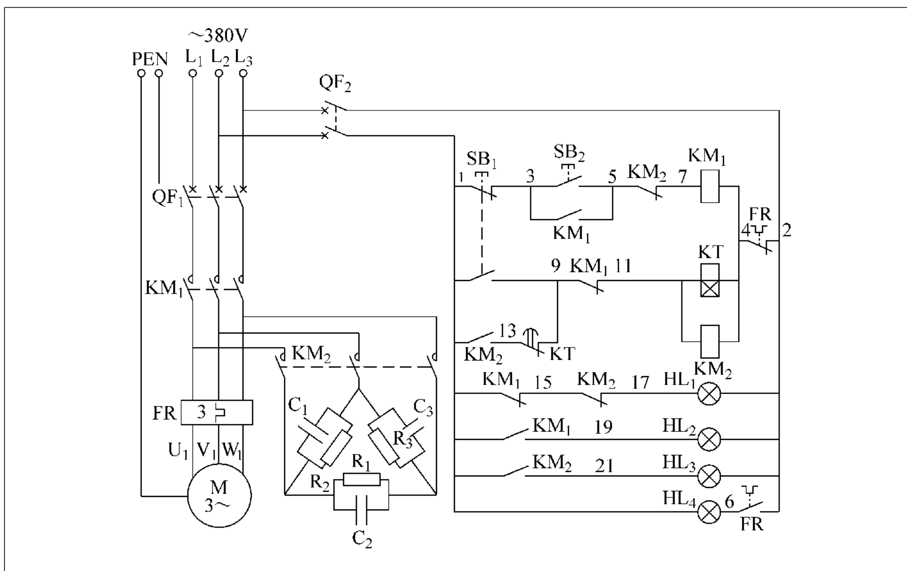


图 6-12　电容制动电动机控制电路（1）

起动时，按下起动按钮 SB_2（3－5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电运转工作。同时，KM_1 辅助常闭触点（9－11）断开，切断得电延时时间继电器 KT 和制动用交流接触器 KM_2 线圈回路电源，起到互锁作用。同时，KM_1 辅助常闭触点（1－15）断开，KM_1 辅助常开触点（1－19）闭合，指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机已运转工作。

制动时，按下停止兼制动按钮 SB_1，SB_1 的一组常闭触点（1－3）断开，切断了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机脱离三相电源而处于自由停车状态，同时，SB_1 的另一组常开触点（1－9）闭合，接通了得电延时时间继电器 KT 和制动控制交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KT、KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（1－13）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，将制动电容器 $C_1 \sim C_3$、电阻器 $R_1 \sim R_3$ 连接于电动机绕组中。在制动电容器投入后，电动机的转子仍靠惯性继续转动，将有剩磁存在，从而使定子绕组产生感应电动势，对电容器进行充电，这样在 RC 的阻抗内有大量的热能被迅速消耗，产生一个与旋转方向相反的制动转矩，使电动机的转子迅速停止下来，起到制动作用。

在按下停止按钮时，得电延时时间继电器 KT 和交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KT 开始延时。经 KT 一段延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（9－13）断开，切除 KT 及 KM_2 线圈回路电源，KM_2 三相主触点断开，制动过程结束。在制动过程中，制动指示灯 HL_2 亮，表示电动机正在进行制动。

例 64　电容制动电动机控制电路（2）

电容制动电动机控制电路（2）如图 6-13 所示。

起动时，按下起动按钮 SB_2（3－5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电运转工作。同时，KM_1 辅助常闭触点（11－13）断开，切断了制动交流接触器 KM_2 线圈回路电源，起到互锁作用；KM_1 辅助常开触点（1－9）闭合，接通失电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KT 线圈得电吸合，KT 失电延时断开的常开触点（1－11）立即闭合，为电动机停止制动做准备工作；KM_1 辅助常闭触点（1－15）断开，KM_1 辅助常开触点（1－19）闭合，指示灯 HL_1 灭、HL_2 亮，说明电动机已起动运转了。

制动时，按下停止按钮 SB_1（1－3），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机脱离三相电源而处于惯性自由停机状态。此时，由于 KM_1 辅助常闭触点（11－13）恢复常闭，将制动交流接触器 KM_2 线圈投入工作，KM_2 三相主触点闭合，将 RC 制动电路接入电动机绕组进行制动。同时 KM_1 辅助常开触点（1－9）断开，切断失电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，失电延时时间继电器 KT 线圈断电释放，并开始延时。指示灯 HL_2 灭、HL_3 亮，表示正在进行制动。

经 KT 一段延时后，KT 失电延时断开的常开触点（1－11）断开，切断了制动

交流接触器 KM_2线圈回路电源，KM_2线圈断电释放，KM_2三相主触点断开，解除制动，制动过程结束。

图 6-13 中，HL_4为过载指示灯，HL_4亮时说明电动机已过载了。

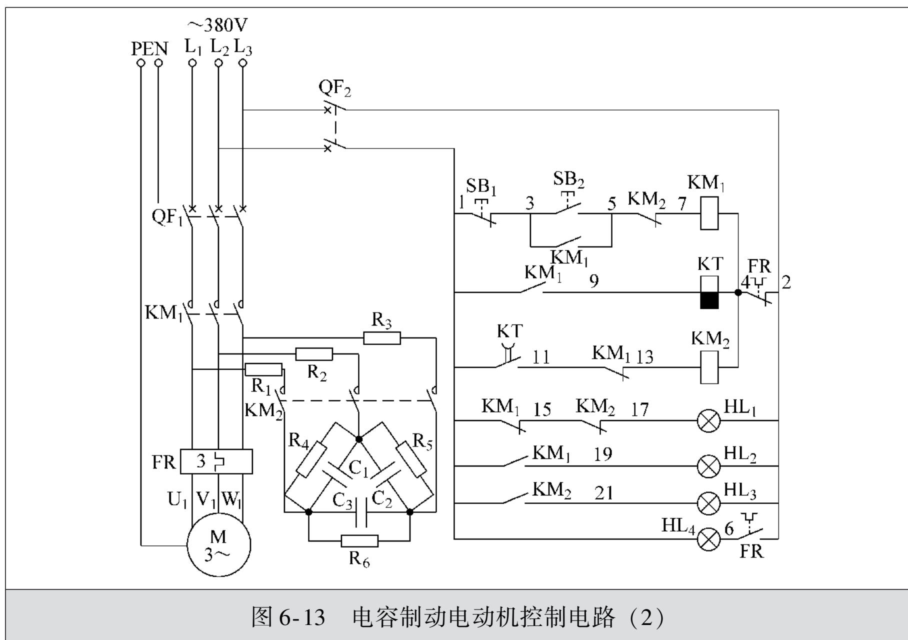


图 6-13　电容制动电动机控制电路（2）

例 65　单向运转反接制动控制电路（1）

1. 工作原理

单向运转反接制动控制电路（1）如图 6-14 所示。

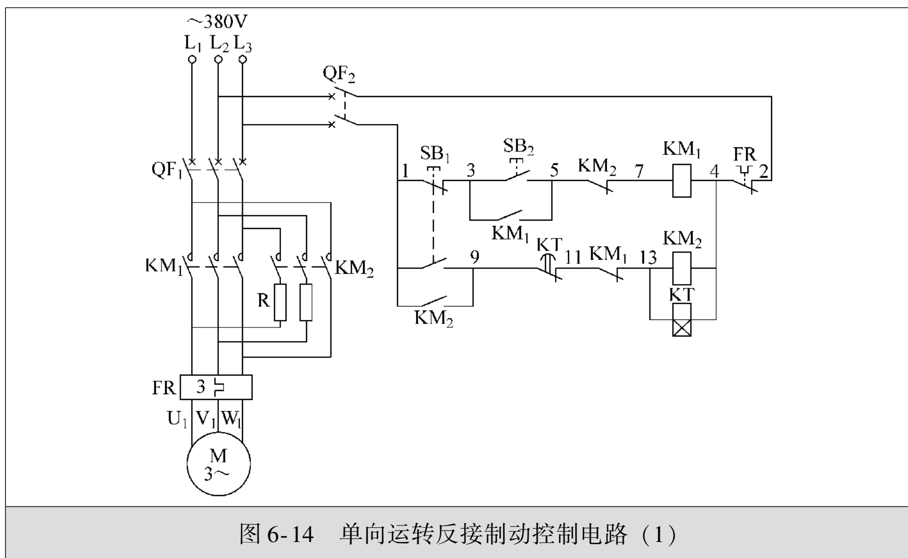


图 6-14　单向运转反接制动控制电路（1）

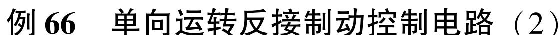
起动时，按下起动按钮 SB_2（3－5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3－5）闭合，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。在交流接触器 KM_1 线圈得电吸合时，KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的辅助常闭触点（11－13）首先断开，起到互锁保护作用。

制动时，将停止按钮 SB_1 按到底，SB_1 的一组常闭触点（1－3）断开，切断了交流接触器 KM_1 线圈的回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电但仍靠惯性继续转动；同时 KM_1 辅助常闭触点（11－13）恢复常闭，为接通 KM_2 和 KT 线圈回路做准备。在按下停止按钮 SB_1 的同时，SB_1 的另一组常开触点（1－9）闭合，接通了交流接触器 KM_2 和得电延时时间继电器 KT 线圈的回路电源，KM_2、KT 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（1－9）闭合自锁，同时 KT 开始延时。这时 KM_2 三相主触点闭合，电动机绕组串联了不对称限流电阻 R 后而反转，电动机得以反接制动电源后转速骤降。经 KT 一段延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（1－9）断开，切断交流接触器 KM_2 和得电延时时间继电器 KT 线圈的回路电源，KM_2、KT 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，解除通入电动机绕组内的反接制动电源，电动机反接制动过程结束。

2. 现场接线

单向运转反接制动控制电路（1）现场接线如图 6-15 所示。

图 6-15　单向运转反接制动控制电路（1）现场接线



例 66　单向运转反接制动控制电路（2）

1. 工作原理

单向运转反接制动控制电路（2）如图 6-16 所示。

起动时，按下起动按钮 SB_2，SB_2的一组常闭触点（11－13）断开，切断 KM_2线圈的回路电源，起到互锁保护作用；SB_2的另一组常开触点（3－5）闭合，接通了交流接触器 KM_1和失电延时时间继电器 KT 线圈的回路电源，KM_1、KT 线圈得电吸合且 KM_1辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1三相主触点闭合，电动机得电起动运转。在 KT 线圈得电吸合后，KT 失电延时断开的常开触点（1－9）立即闭合，为制动时延时切除 KM_2线圈回路电源做准备。

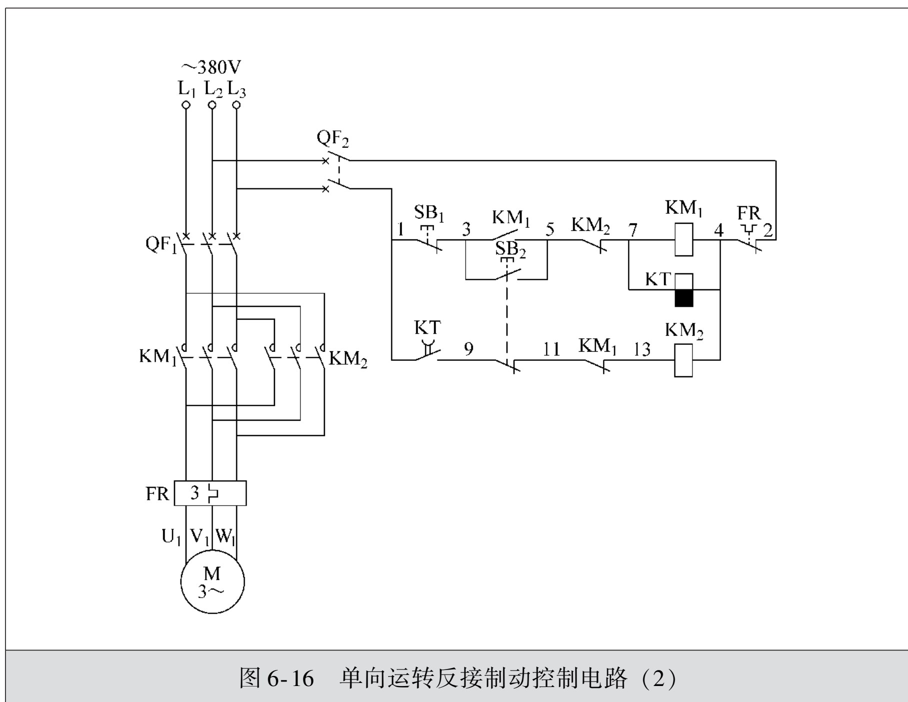


图 6-16　单向运转反接制动控制电路（2）

制动时，按下停止按钮 SB_1（1－3），交流接触器 KM_1和失电延时时间继电器 KT 线圈断电释放，KT 开始延时；KM_1三相主触点断开，电动机失电但仍靠惯性继续转动；此时 KM_1辅助常闭触点（11－13）恢复常闭，使交流接触器 KM_2线圈得电吸合，KM_2三相主触点闭合，电动机得以反向电源而转速骤降，从而对电动机进行反接制动控制。经 KT 一段延时后，KT 失电延时断开的常开触点（1－9）断开，切断交流接触器 KM_2线圈的回路电源，KM_2线圈断电释放，KM_2三相主触点断开，解除了通入电动机绕组的反接制动电源，反接制动过程结束。

2. 现场接线

单向运转反接制动控制电路（2）现场接线如图 6-17 所示。

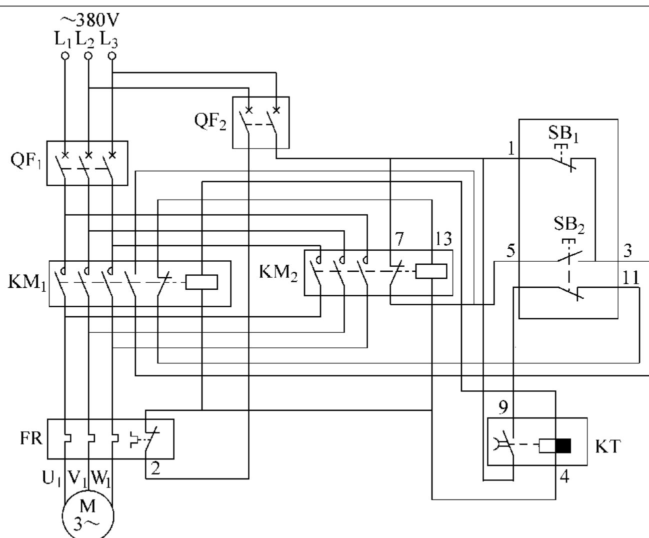


图 6-17　单向运转反接制动控制电路（2）现场接线

例 67　单向运转反接制动控制电路（3）

1. 工作原理

单向运转反接制动控制电路（3）如图 6-18 所示。首先合上主回路断路器 QF_1、

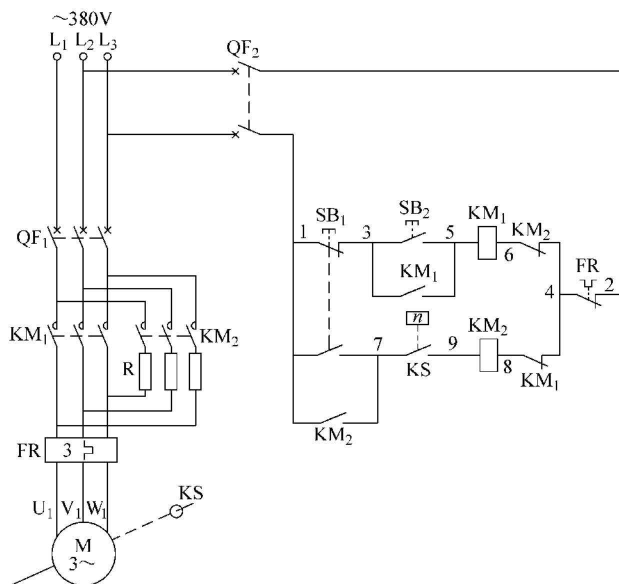


图 6-18　单向运转反接制动控制电路（3）

控制回路断路器 QF_2，为电路工作提供准备条件。

（1）起动

按下起动按钮 SB_2（3－5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，同时 KM_1 串联在制动用交流接触器 KM_2 线圈回路中的辅助常闭触点（4－8）断开，对制动控制电路进行互锁；在 KM_1 线圈得电吸合的同时，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电起动运转，当电动机的转速升至 120r/min 后，速度继电器 KS 控制常开触点（7－9）闭合，为停止时反接制动做准备。

（2）自由停机

轻轻按下停止按钮 SB_1，SB_1 的一组常闭触点（1－3）断开，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电，仍靠惯性继续转动，处于自由停机状态。

（3）制动

将停止兼制动按钮 SB_1 按到底，SB_1 的一组常闭触点（1－3）断开，切断了交流接触器 KM_1 线圈的回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电仍靠惯性继续转动。与此同时，SB_1 的另外一组常开触点（1－7）闭合。注意，由于 KM_1 线圈已断电释放，KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的互锁辅助常闭触点（4－8）恢复常闭状态，此时交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（1－7）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，串联限流电阻器 R 对电动机进行反接制动，使电动机迅速停下来。当电动机的转速低至 100r/min 时，速度继电器 KS 常开触点（7－9）断开，切断了反接制动交流接触器 KM_2 线圈的回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机反接制动电源解除，从而完成反接制动控制。

2. 现场接线

单向运转反接制动控制电路（3）现场接线如图 6-19 所示。

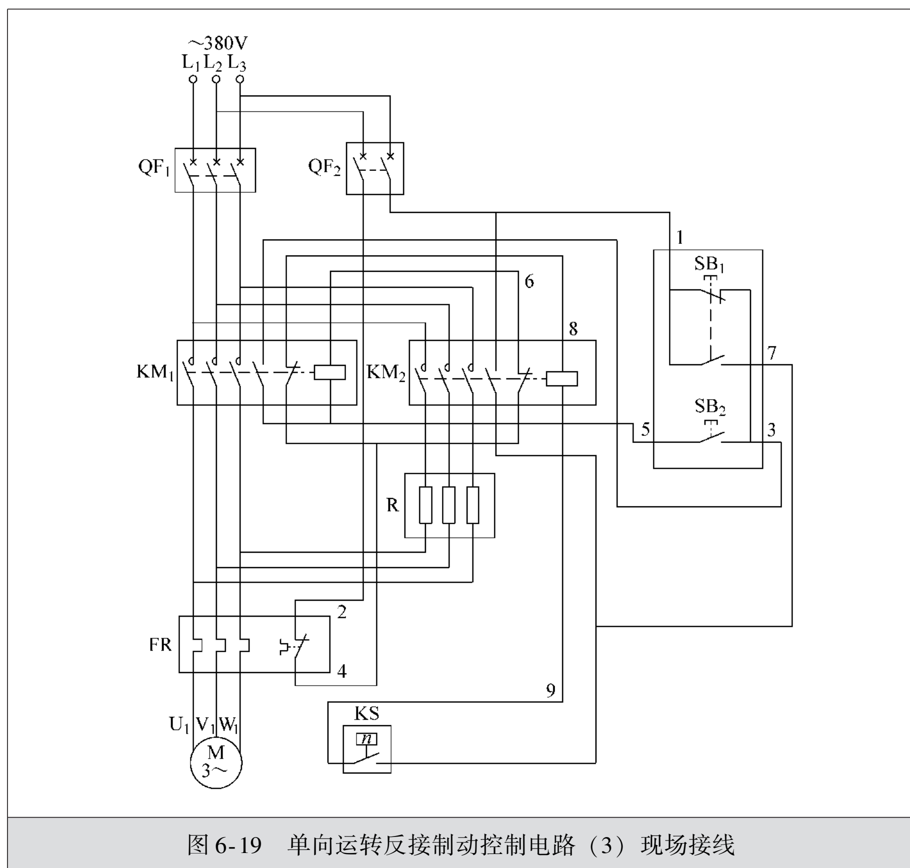


图 6-19　单向运转反接制动控制电路（3）现场接线

例 68　正反转反接制动控制电路

正反转反接制动控制电路如图 6-20 所示。

本电路进行反接制动时，不是利用速度继电器来完成的，而是通过失电延时时间继电器来进行延时控制。也就是说，在正转起动后，失电延时时间继电器 KT_1 线圈也得电吸合，其失电延时断开的常开触点 KT_1（1－23）立即闭合，处于待命状态；当停止正转时，反转控制回路则通过此触点而工作，进行正转的反接制动，经 KT_1 一段延时后，KT_1 失电延时断开的常开触点（1－23）断开，切断反转控制回路，正转反接制动结束。在反转起动后，失电延时时间继电器 KT_2 线圈也得电吸合，其失电延时断开的常开触点 KT_2（1－9）立即闭合，处于待命状态；当停止反转时，正转控制回路则通过此触点而工作，进行反转的反接制动，经 KT_2 一段时间延时后，KT_2 失电延时断开的常开触点（1－9）断开，切断正转控制回路，反转反接制动结束。

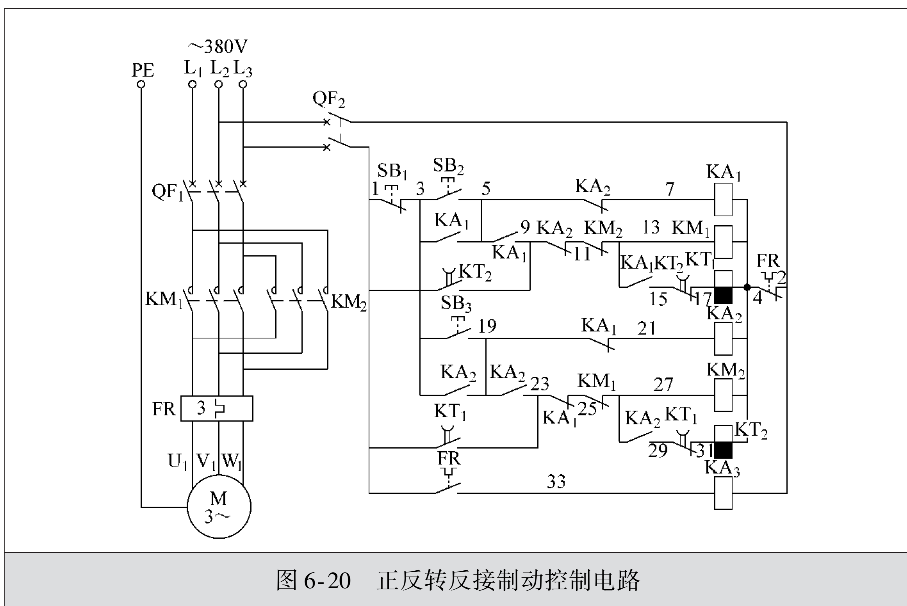


图 6-20　正反转反接制动控制电路

例 69　单向运转能耗制动控制电路

单向运转能耗制动控制电路如图 6-21 所示。

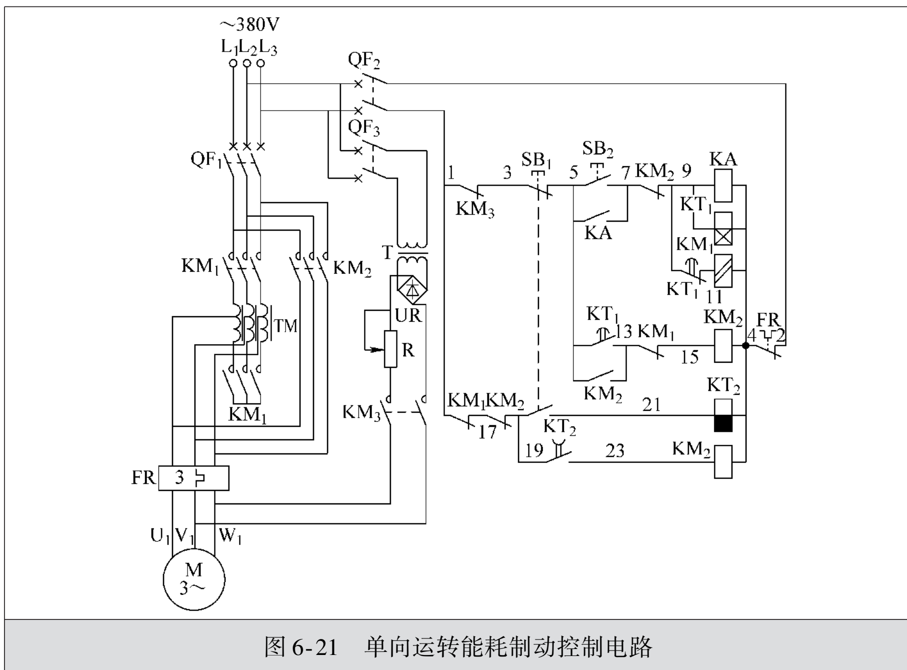


图 6-21　单向运转能耗制动控制电路

起动时，按下起动按钮 SB_2（5－7），中间继电器 KA、得电延时时间继电器 KT_1 和交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KA 常开触点（5－7）闭合自锁，KM_1 六对

主触点闭合，电动机得电串自耦变压器 TM 进行减压起动。与此同时，KT_1 开始延时。随着电动机转速的逐渐提高，经 KT_1 一段延时后，KT_1 得电延时断开的常闭触点（9－11）断开，切断了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 六对主触点断开，撤出减压自耦变压器 TM，KT_1 得电延时闭合的常开触点（5－13）闭合，接通交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（5－13）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机绕组通以三相 380V 电源而全压正常运转。同时，KM_2 辅助常闭触点（7－9）断开，使 KA 和 KT_1 线圈断电释放。

制动时，将停止按钮 SB_1 按到底后松开，首先 SB_1 的一组常闭触点（3－5）断开，切断了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机失电但仍靠惯性继续转动；SB_1 的另一组常开触点（19－21）闭合后又断开，使失电延时时间继电器 KT_2 线圈得电吸合后立即断电释放；在 KT_2 线圈得电吸合时，KT_2 失电延时断开的常开触点（19－23）立即闭合，在 KT_2 线圈断电释放时，KT_2 开始延时。此时交流接触器 KM_3 线圈得电吸合，KM_3 主触点闭合，接通直流电源，使电动机绕组内通入制动直流电源，这样，在电动机绕组内产生一静止磁场，电动机转速骤降，起到制动作用。经 KT_2 一段延时后，KT_2 失电延时断开的常开触点（19－23）断开，切断了交流接触器 KM_3 线圈回路电源，KM_3 线圈断电释放，KM_3 主触点断开，自动解除通入电动机绕组内的制动直流电源，制动过程结束。

例 70　双向运转反接制动控制电路

图 6-22 所示为双向运转反接制动控制电路。

正转起动时，按下正转起动按钮 SB_2，正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且

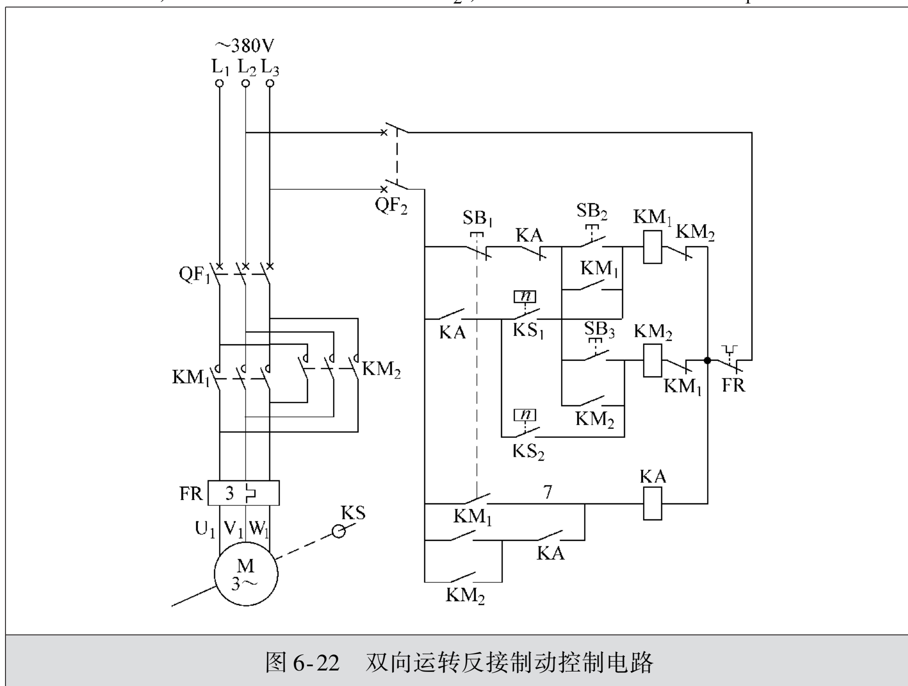


图 6-22　双向运转反接制动控制电路

KM_1辅助常开触点闭合自锁，KM_1三相主触点闭合，电动机得电正转；由于速度继电器 KS 与电动机同轴连接，当电动机的转速超过 120r/min 时，KS 中的一组常开触点闭合，为正转制动做准备。

正转制动时，按下停止按钮 SB_1，此时正转交流接触器 KM_1线圈断电释放，同时停止按钮 SB_1常开触点闭合，使中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 常开触点闭合，由于 KS 常开触点仍闭合，将反转交流接触器 KM_2线圈回路接通（KM_2辅助常开触点与 KA 常开触点均闭合将 KA 线圈自锁），KM_2三相主触点闭合，电动机立即反向转动。这样，电动机的转速会迅速降下来，当电动机的转速低于 100r/min 时，速度继电器 KS 常开触点断开，切断了反转交流接触器 KM_2线圈回路电源，KM_2线圈断电释放，KM_2三相主触点断开，电动机失电停止运转，KM_2串联在中间继电器 KA 线圈回路中的常开触点断开，使 KA 线圈断电释放。实际上，反转只是瞬间转动了一下就停止了，反接制动结束。

由于反转起动、制动过程与正转相同，只是利用速度继电器的另一组常开触点来完成反接信号控制，这里不再重复讲述。

例 71　具有制动功能的单相电容起动与电容运转电动机单向起停控制电路

如图 6-23 所示电路中，失电延时时间继电器 KT_1的作用是控制起动电容器 C_1来完成电动机起动时间；失电延时时间继电器 KT_2的作用是控制电动机的能耗制动

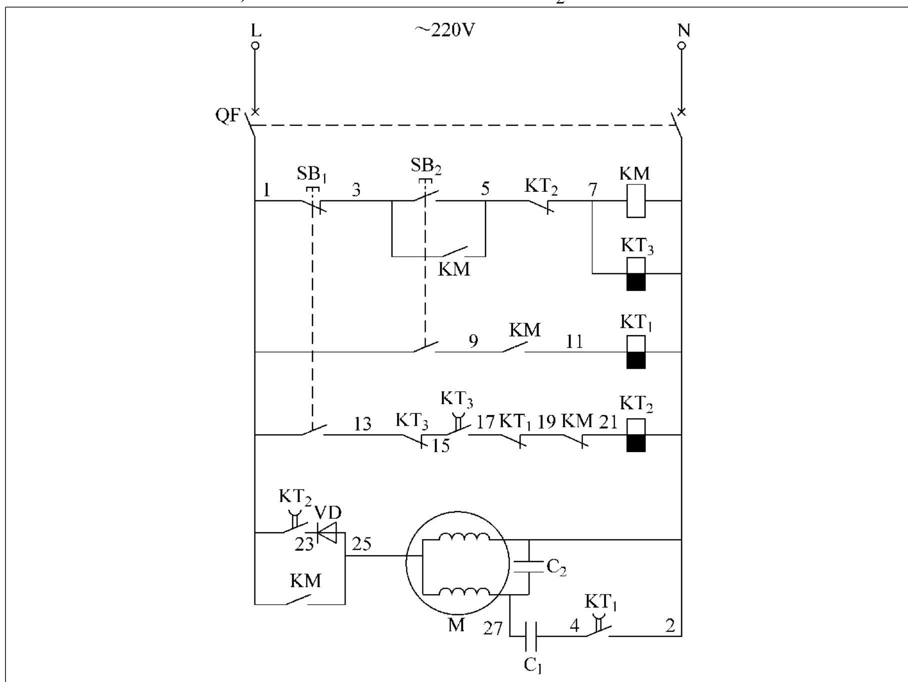


图 6-23　具有制动功能的单相电容起动与电容运转电动机单向起停控制电路

时间；失电延时时间继电器 KT_3 的作用是在此时间内允许进行能耗制动控制。

起动时，按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM 和失电延时时间继电器 KT_3、KT_1 线圈均得电吸合且 KM 辅助常开触点闭合自锁，SB_2 松开后，KT_1 线圈断电释放并开始延时；KM 主触点闭合，同时 KT_1 失电延时断开的常开触点（2－4）立即闭合，电动机得电起动；同时 KT_1 开始延时。经 KT_1 一段延时后，KT_1 失电延时断开的常开触点（2－4）断开，切除起动电容器 C_1，电动机起动完毕转为正常运转。

制动时，按下停止按钮 SB_1 后又断开，交流接触器 KM 和失电延时时间继电器 KT_3 线圈断电释放，KM 主触点断开，电动机失电但仍靠惯性转动，KT_3 开始延时，允许在 KT_3 延时时间内操作失电延时时间继电器 KT_2 线圈使其进行制动及延时控制；在按下停止按钮 SB_1 后又断开时，KT_2 线圈得电吸合后又断电释放并开始延时。KT_2 失电延时断开的常开触点（1－23）立即闭合，将整流二极管 VD 接入电动机绕组内，对电动机进行能耗制动控制，电动机绕组内通入直流电源，产生一静止磁场，电动机被迅速制动停止。经 KT_2 一段延时后，KT_2 失电延时断开的常开触点（1－23）断开，切除整流二极管 VD，能耗制动结束。

例 72　具有短接制动功能的电动机正反转起停控制电路

具有短接制动功能的电动机正反转起停控制电路如图 6-24 所示。

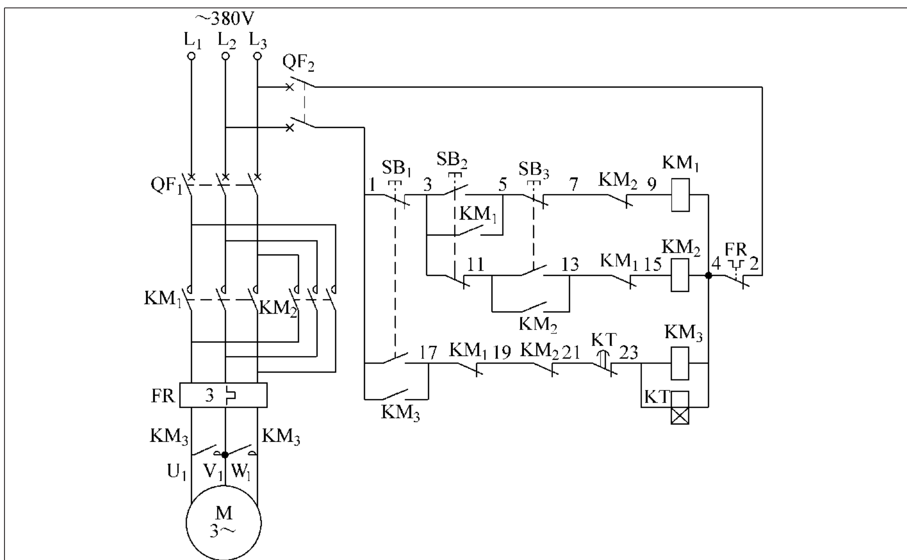


图 6-24　具有短接制动功能的电动机正反转起停控制电路

1. 正转起动

按下正转起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常闭触点（3－11）断开，起互锁作用；SB_2 的另一组常开触点（3－5）闭合，使交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1 辅助常闭触点（17－19）断开，对交流接触器 KM_3 线圈起互锁作用；KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转起动。

2. 正转短接制动

按下停止按钮 SB_1，SB_1的一组常闭触点（1－3）断开，切断交流接触器 KM_1线圈回路电源，KM_1线圈断电释放，KM_1三相主触点断开，电动机失电但仍靠惯性继续转动；在按下 SB_1的同时，SB_1的另一组常开触点（1－17）闭合，使交流接触器 KM_3和得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KM_3辅助常开触点（1－17）闭合自锁，KT 开始延时。KM_3三相主触点闭合，对电动机绕组进行短接制动，从而使电动机迅速制动停止运转。经 KT 一段延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（21－23）断开，KM_3、KT 线圈断电释放，KM_3三相主触点断开，短接制动解除。

3. 反转起动

按下反转起动按钮 SB_3，SB_3的一组常闭触点（5－7）断开，起互锁作用；SB_3的另一组常开触点（11－13）闭合，使交流接触器 KM_2线圈得电吸合且 KM_2辅助常开触点（11－13）闭合自锁，KM_2辅助常闭触点（19－21）断开，对交流接触器 KM_3线圈起互锁作用；KM_2三相主触点闭合，电动机得电反转起动。

4. 反转短接制动

按下停止按钮 SB_1，SB_2的一组常闭触点（1－3）断开，切断交流接触器 KM_2线圈回路电源，KM_2线圈断电释放，KM_2三相主触点断开，电动机失电但仍靠惯性继续转动；在按下 SB_1的同时，SB_1的另一组常开触点（1－17）闭合，使交流接触器 KM_3和得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KM_3辅助常开触点（1－17）闭合自锁，KT 开始延时。KM_3三相主触点闭合，对电动机绕组进行短接制动，从而使电动机迅速制动停止运转。经 KT 一段延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（21－23）断开，KM_3、KT 线圈断电释放，KM_3三相主触点断开，短接制动解除。

例 73　单向电动机单向运转能耗制动控制电路

起动时，按下起动按钮 SB_2（3－5），交流接触器 KM_1线圈得电吸合且 KM_1辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1主触点（1－11、11－15）闭合，电动机得电起动运转，如图 6-25 所示。

图 6-25　单相电动机单向运转能耗制动控制电路

制动时，按下停止按钮 SB_1，SB_1 的一组常闭触点（1－3）断开，切断交流接触器 KM_1线圈回路电源，KM_1线圈断电释放，KM_1主触点（1－11、11－15）断开，电动机失电但仍靠惯性继续转动；在按下 SB_1的同时，SB_1的另一组常开触点（1－7）闭合后又断开，使失电

延时时间继电器 KT 线圈得电吸合后又断电释放，KT 开始延时，KT 失电延时断开的常开触点（1－9）立即闭合，接通了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 主触点（11－13、13－17）闭合，将整流二极管 VD 串入电动机绕组内，给电动机绕组施加一直流电源，产生一静止磁场，电动机转速骤降，进行能耗制动。经 KT 一段延时后，KT 失电延时断开的常开触点（1－9）断开，切断了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 主触点（11－13、13－17）断开，切断通入电动机绕组内的直流电源，能耗制动解除。

例 74　单相电动机双向运转能耗制动控制电路

单相电动机双向运转能耗制动控制电路如图 6-26 所示。

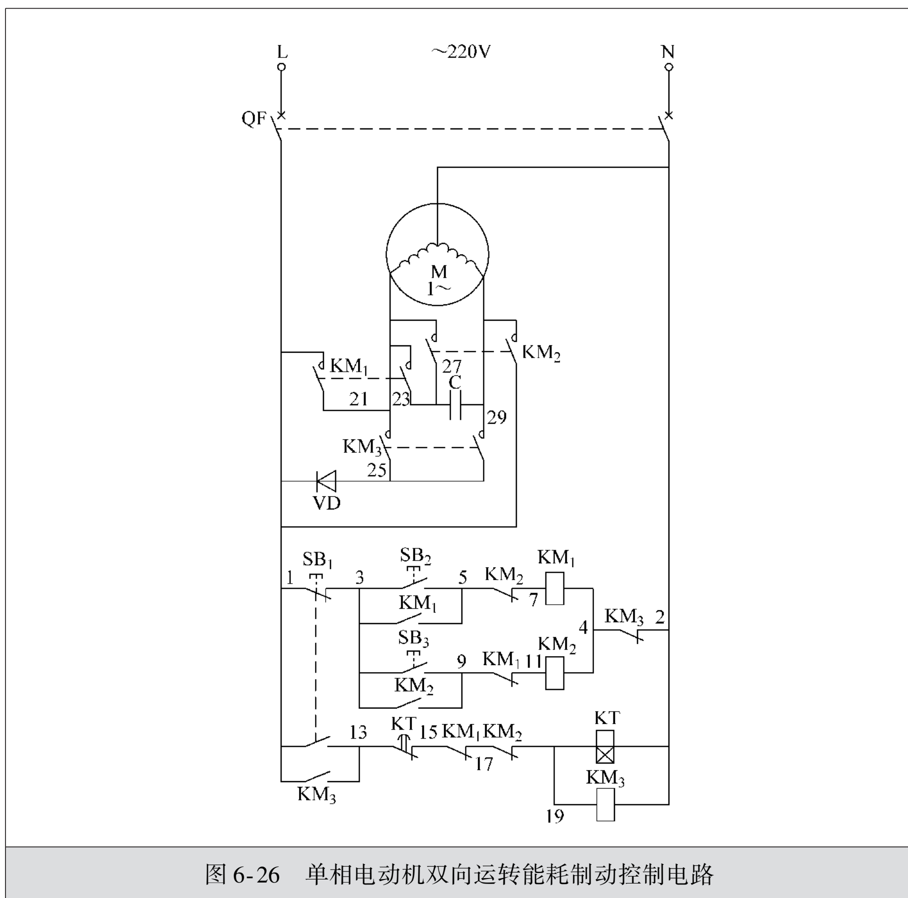


图 6-26　单相电动机双向运转能耗制动控制电路

1. 正转起动

按下正转起动按钮 SB_2（3－5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1 辅助常闭触点（9－11）断开，对反转交流接触器 KM_2 线圈回路进行互锁，KM_1 辅助常闭触点（15－17）断开，对制动控制交流接触

器 KM_3 线圈回路进行互锁，KM_1 主触点（1－21、21－23）闭合，电动机得电正转起动。

2. 反转起动

按下反转起动按钮 SB_3（3－9），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3－9）闭合自锁，KM_2 辅助常闭触点（5－7）断开，对正转交流接触器 KM_1 线圈回路进行互锁，KM_2 辅助常闭触点（17－19）断开，对制动控制交流接触器 KM_3 线圈回路进行互锁，KM_2 主触点（21－27、1－29）闭合，电动机得电反转起动。

3. 制动

无论电动机处于正转还是反转，欲停止时，将停止按钮 SB_1 按到底，SB_1 的一组常闭触点（1－3）断开，切断交流接触器 KM_1（正转）或 KM_2（反转）线圈回路电源，KM_1（正转）或 KM_2（反转）线圈断电释放，KM_1（正转）（1－21、21－23）或 KM_2（反转）（21－27、1－29）各自的主触点断开，电动机失电但仍靠惯性继续转动。在按下停止按钮 SB_1 的同时，SB_1 的另一组常开触点（1－13）闭合，使交流接触器 KM_3 和得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点（1－13）闭合自锁，KT 开始延时，KM_3 辅助常闭触点（2－4）断开，起到互锁作用，KM_3 主触点（21－25、25－29）闭合，将整流二极管 VD 串入电动机绕组内，使电动机绕组内通一直流电源，产生一静止磁场，对电动机进行能耗制动，电动机被迅速制动停止。经 KT 一段延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（13－15）断开，切断交流接触器 KM_3 和得电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KM_3 和 KT 线圈断电释放，KM_3 主触点（21－25、25－29）断开，切断通入电动机绕组内的直流能耗制动电源，电动机能耗制动过程结束。

例 75　具有自励发电和短接功能的制动控制电路

从图 6-27 可以看出，交流接触器 KM_2 三相主触点闭合后，其 L_1 相通过 R、C 组成自励发电制动，而另外两相被短接起来为短接制动。从制动效果上看，自励发电制动效果较好，从电路难易程度上看，短接制动最为简单，两者组合在一起，效果极佳。但这种制动电路仅适合对 3kW 以下的小功率三相异步电动机进行制动。

起动时，按下起动按钮 SB_2（3－5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电运转工作。同时 KM_1 串联在制动交流接触器 KM_2 和得电延时时间继电器 KT 线圈回路中的常闭触点（11－13）断开，起到互锁作用；KM_1 辅助常闭触点（1－15）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_1 辅助常开触点（1－17）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机已起动运转了。

制动时，将停止兼作制动按钮 SB_1 按到底，SB_1 的一组常闭触点（1－3）断开，切断了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，

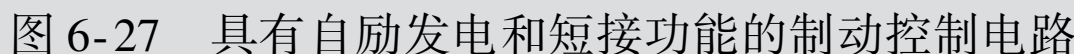


图 6-27　具有自励发电和短接功能的制动控制电路

电动机失电但仍靠惯性继续转动，处于自由停机状态。同时 SB_2 的另一组常开触点（1－9）闭合，制动交流接触器 KM_2 和制动用得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（1－9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，将自励发电和短接制动电路接入电动机三相绕组，对电动机进行制动。此时制动用得电延时时间继电器 KT 开始延时，经 KT 一段延时后，其得电延时断开的常闭触点（9－11）断开，切断了交流接触器 KM_2 和得电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KM_2、KT 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，制动结束并退出。在制动过程中指示灯 HL_1 亮，说明电动机已失电停止运转；指示灯 HL_3 亮，说明电动机正在进行制动。

图 6-27 中，HL_1 为电动机停止兼电源指示灯；HL_2 为电动机运转指示灯；HL_3 为电动机制动指示灯；HL_4 为电动机过载指示灯，当电动机出现过载动作时此灯被点亮，说明电动机已过载了。

例 76　电动机可逆三相半波整流能耗制动控制电路

电动机可逆三相半波整流能耗制动控制电路如图 6-28 所示。

1. 正转起动

按下正转起动按钮 SB_2，SB_2一组常闭触点（13－15）断开，起互锁作用。SB_2的另一组常开触点（3－5）闭合，接通了交流接触器 KM_1线圈回路电源，KM_1线圈得电吸合且 KM_1辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1三相主触点闭合，电动机得电正转起动。与此同时，KM_1辅助常闭触点（1－25）断开，指示灯 HL_1灭，KM_1辅助常开触点闭合，指示灯 HL_2亮，说明电动机得电正转起动了。在 KM_1线圈得电吸合的同时，KM_1串联在 KM_2线圈回路中的辅助常闭触点（9－11）断开，起互锁反转控制回路的作用。

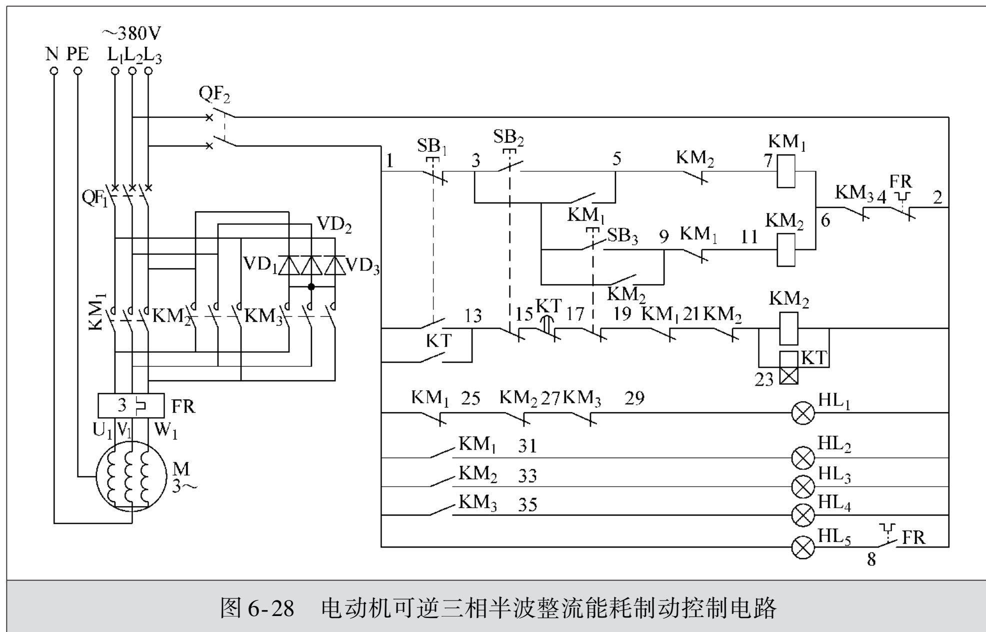


图 6-28　电动机可逆三相半波整流能耗制动控制电路

2. 正转制动

将停止按钮 SB_1按到底，SB_1的一组常闭触点（1－3）断开，切断了交流接触器 KM_1线圈回路电源，KM_1线圈断电释放，KM_1三相主触点断开，电动机正转失电但仍靠惯性继续转动。在按下停止按钮 SB_1的同时，SB_1的另一组常开触点（1－13）闭合，接通了交流接触器 KM_3和得电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KM_3和 KT 线圈得电吸合，KT 不延时瞬动常开触点（1－13）闭合自锁且 KT 开始延时，KM_3三相主触点闭合，将三只整流二极管 VD_1、VD_2、VD_3组成的三相半波整流电源通入电动机绕组中，与电动机绕组Y点连至 N 线中形成回路，使电动机绕组内加入了一静止制动磁场，电动机被迅速制动，从而完成能耗制动控制。经 KT 一段时间延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（15－17）断开，切断了交流接触器 KM_3和得电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KM_3、KT 线圈断电释放，KM_3三相主触点断开，解除通入电动机绕组内的直流电源，电动机正转能耗制动结束。在

制动操作过程中，当KM_3线圈得电吸合时，KM_3串联在交流接触器KM_1和KM_2线圈回路中的辅助常闭触点（4－6）断开，起到互锁作用。与此同时，在制动过程中，KM_3辅助常闭触点（27－29）断开，指示灯HL_1灭，KM_3辅助常开触点（1－35）闭合，指示灯HL_4亮，说明电动机正在进行能耗制动控制；当能耗制动结束后，KM_3辅助常开触点（1－35）断开，指示灯HL_4灭，KM_3辅助常闭触点（27－29）闭合，指示灯HL_1亮，说明电动机能耗制动结束。

3. 反转起动

按下反转起动按钮SB_3，SB_3的一组常闭触点（17－19）断开，起互锁作用。SB_3的另一组常开触点（3－9）闭合，接通了交流接触器KM_2线圈回路电源，KM_2线圈得电吸合且KM_2辅助常开触点（3－9）闭合自锁，KM_2三相主触点闭合，电动机得电反转起动。与此同时，KM_2辅助常闭触点（25－27）断开，指示灯HL_1灭，KM_2辅助常开触点（1－33）闭合，指示灯HL_3亮，说明电动机得电反转起动了。在KM_2线圈得电吸合的同时，KM_2串联在KM_1线圈回路中的辅助常闭触点（5－7）断开，起互锁正转控制回路的作用。

4. 反转制动

将停止按钮SB_1按到底，SB_1的一组常闭触点（1－3）断开，切断了反转交流接触器KM_2线圈回路电源，KM_2线圈断电释放，KM_2三相主触点断开，电动机反转失电但仍靠惯性继续转动。在按下停止按钮SB_1的同时，SB_1的另一组常开触点（1－13）闭合，接通了交流接触器KM_3和得电延时时间继电器KT线圈回路电源，KM_3和KT线圈得电吸合，KT不延时瞬动常开触点（1－13）闭合自锁且KT开始延时，KM_3三相主触点闭合，将三只整流二极管VD_1、VD_2、VD_3组成的三相半波整流电源通入电动机绕组中，与电动机绕组Y点连至N线中形成回路，使电动机绕组内加入一静止制动磁场，电动机被迅速制动，从而完成能耗制动控制。经KT一段时间延时后，KT得电延时断开的常闭触点（15－17）断开，切断了交流接触器KM_3和得电延时时间继电器KT线圈回路电源，KM_3、KT线圈断电释放，KM_3三相主触点断开，解除通入电动机绕组内的直流电源，电动机反转能耗制动结束。在制动操作过程中，当KM_3线圈得电吸合时，KM_3串联在交流接触器KM_1和KM_2线圈回路中的辅助常闭触点（4－6）断开，起到互锁作用。与此同时，在制动过程中，KM_3辅助常闭触点（27－29）断开，指示灯HL_1灭，KM_3辅助常开触点（1－35）闭合，指示灯HL_4亮，说明电动机正在进行能耗制动控制；当能耗制动结束时，KM_3辅助常开触点（1－35）断开，指示灯HL_4灭，KM_3辅助常闭触点（27－29）闭合，指示灯HL_1亮，说明电动机能耗制动结束。

例77　电动机单向三相半波整流能耗制动控制电路

如图6-29所示，起动时，按下起动按钮SB_2，SB_2的一组常闭触点（9－11）断开，切断交流接触器KM_2线圈回路电源，起按钮常闭触点互锁作用。SB_2的另一组常开触点（3－5）闭合，使交流接触器KM_1线圈得电吸合且KM_1辅助常开触点

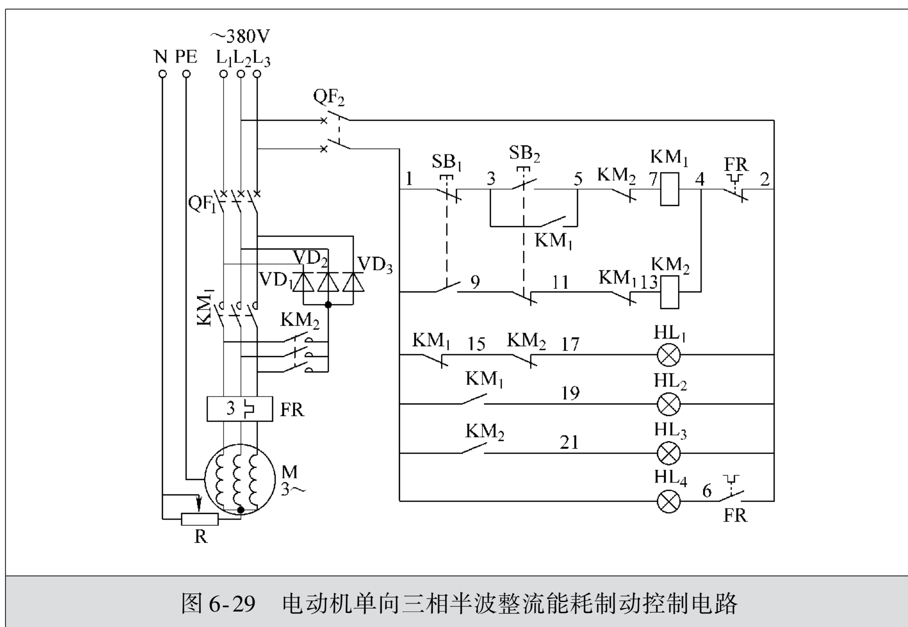


图 6-29　电动机单向三相半波整流能耗制动控制电路

（3－5）闭合自锁，KM_1三相主触点闭合，电动机得电起动运转。与此同时，KM_1辅助常闭触点（1－15）断开，指示灯 HL_1灭，KM_1辅助常开触点（1－19）闭合，指示灯 HL_2亮，说明电动机已起动运转了。

制动时，按住停止按钮 SB_1不放，SB_1的一组常闭触点（1－3）断开，切断了交流接触器 KM_1线圈回路电源，KM_1线圈断电释放，KM_1三相主触点断开，电动机失电但仍靠惯性继续转动。同时 SB_1的另一组常开触点（1－9）闭合，接通了交流接触器 KM_2线圈回路电源，KM_2线圈得电吸合，KM_2三相主触点闭合，将经 VD_1、VD_2、VD_3三相半波整流后的直流电源通入电动机绕组内，产生一静止磁场，使电动机被迅速制动停止下来，此时松开按住的停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_2线圈断电释放，KM_2三相主触点断开，解除通入电动机绕组内的直流制动电源，制动解除。在制动过程中，KM_2辅助常闭触点（15－17）断开，指示灯 HL_1灭，KM_2辅助常开触点（1－21）闭合，指示灯 HL_3亮，说明电动机处于制动状态。制动结束后，KM_2辅助常开触点（1－21）断开，指示灯 HL_3灭，KM_2辅助常闭触点（15－17）闭合，指示灯 HL_1亮，说明电动机处于停止状态。

例 78　半波整流单向能耗制动控制电路

很多控制设备要求在停机时有快速制动功能。图 6-30 所示电路在轻轻按下停止按钮 SB_1时，由于能耗制动电路不工作，电动机处于自由停机操作；在按下停止按钮 SB_1(按到底)时，能耗制动电路工作，电动机快速制动停止。

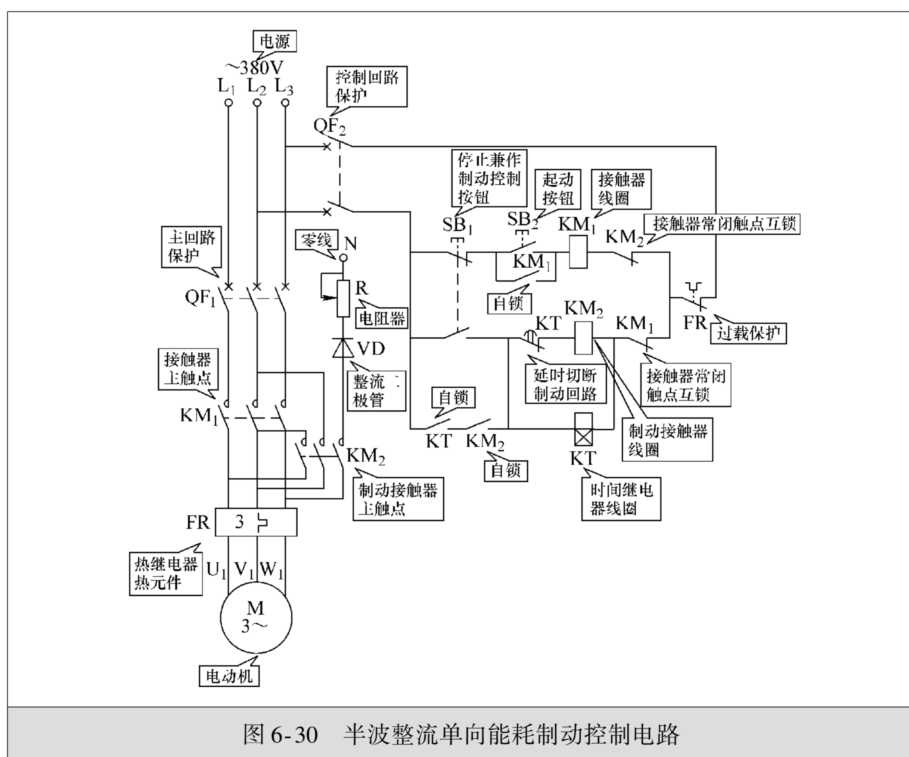


图 6-30　半波整流单向能耗制动控制电路

起动时，按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。

欲快速制动时，将停止按钮 SB_1 按到底，首先 SB_1 的一组常闭触点断开，切断了 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电处于自由停机状态；同时，SB_1 的另一组常开触点闭合，使制动交流接触器 KM_2 和得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点与 KT 不延时瞬动常开触点均同时闭合串联自锁，KT 开始延时，KM_2 主触点闭合，将整流二极管 VD 接入电动机绕组产生静止磁场，进行能耗制动；电动机进入快速制动状态。经 KT 一段时间延时后，KT 得电延时断开的常闭触点断开，切断了 KM_2 线圈回路电源，KM_2、KT 线圈断电释放，KM_2 主触点断开，切断通入电动机绕组内的直流电源，解除制动。

例 79　全波整流单向能耗制动控制电路

图 6-31 所示为全波整流单向能耗制动控制电路。

起动时，按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。

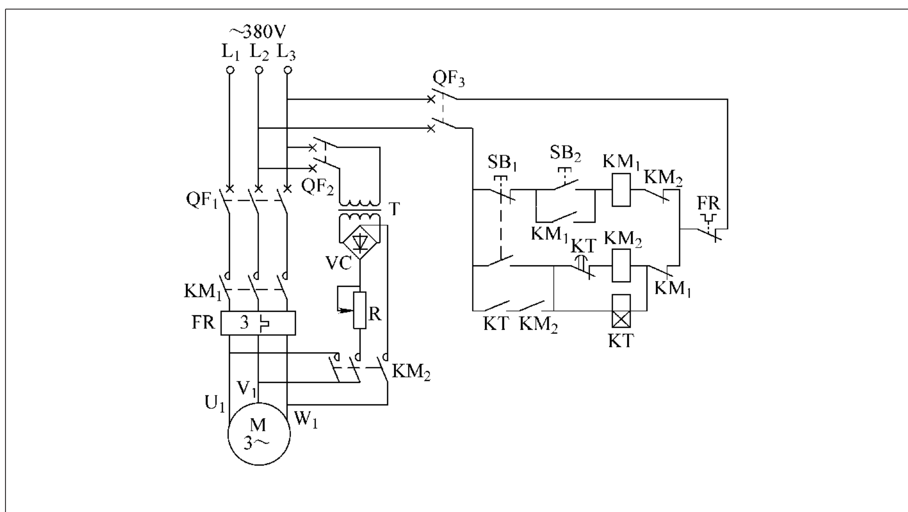


图 6-31　全波整流单向能耗制动控制电路

欲自由停车，则轻轻按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电处于自由停车状态，也就是电动机失电后，在惯性的作用下缓慢地停止下来。

若需制动停车，则需将停止按钮 SB_1 按到底，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电处于自由停车状态；同时，SB_1 常开触点闭合，交流接触器 KM_2 和得电延时时间继电器 KT 线圈同时得电吸合且 KT 不延时瞬动常开触点与 KM_2 辅助常开触点均闭合串联自锁，同时 KT 开始延时，KM_2 三相主触点闭合，接通直流电源，从而使电动机在直流电源的作用下产生静止制动磁场使电动机快速停止。经 KT 一段延时后，KT 得电延时断开的常闭触点断开，自动切断制动控制回路电源，KM_2、KT 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，切除通入电动机绕组内的直流电源，电动机制动过程结束。

例 80　半波整流可逆能耗制动控制电路

在电动机脱离三相电源后，给定子绕组内加一直流电源，使其产生静止磁场，让靠惯性仍在继续运转的电动机快速停止。本节介绍的是半波整流可逆能耗制动控制电路如图 6-32 所示。

本电路的优点是正反转操作时无须按停止按钮 SB_1 即可完成。除了能耗制动外，在停止时只要轻轻按下停止按钮 SB_1，电动机为惯性自动停机；从控制互锁看，具有按钮常闭触点互锁和交流接触器常闭触点互锁，可谓双重互锁，安全可靠，为首选控制电路。

正转起动时，按下正转起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅

助常开触点闭合自锁，KM_1三相主触点闭合，电动机得电正转。为保证在操作时，防止正反转按钮同时按下造成主回路发生相间短路，在正转操作时，SB_2串联在反转交流接触器KM_2线圈回路中的常闭触点先断开，切断了KM_2线圈回路，完成按钮常闭触点互锁，当在交流接触器KM_1线圈得电吸合后，KM_1串联在反转交流接触器KM_2线圈回路中的辅助常闭触点断开，完成接触器常闭触点互锁。

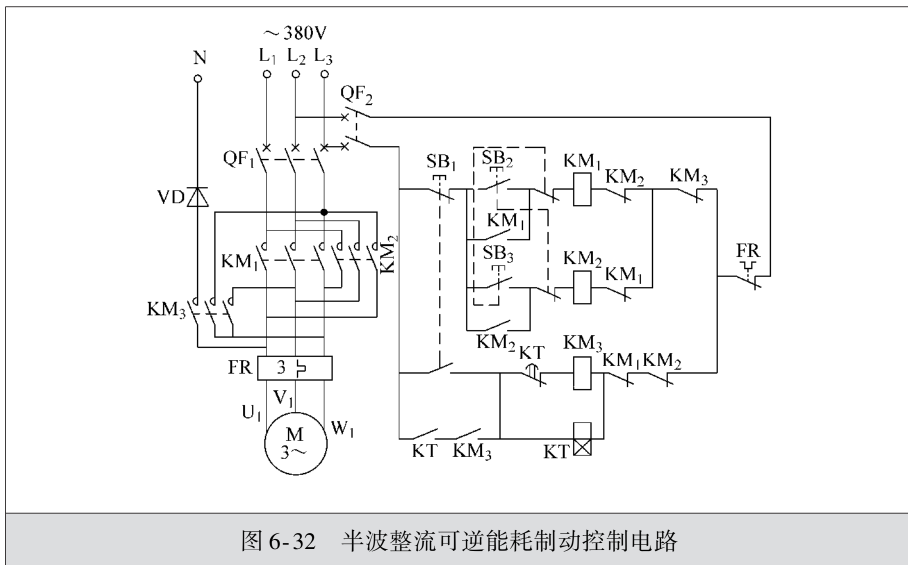


图6-32　半波整流可逆能耗制动控制电路

反转起动时，无须按下停止按钮SB_1可直接操作反转起动按钮SB_3，此时SB_3常闭触点先断开，切断了正转交流接触器KM_1线圈回路电源，KM_1线圈断电释放，KM_1三相主触点断开，电动机脱离三相电源而停止运转。由于正转交流接触器KM_1辅助常闭触点恢复常闭状态，为反转起动做准备，这时，SB_3常开触点已闭合，反转交流接触器KM_2线圈得电吸合且KM_2辅助常开触点闭合自锁，KM_2三相主触点闭合，电动机反转运转。

注意：在未按下停止按钮SB_1时，直接进行正反转操作时，为自由停机，无能耗制动。

正、反转能耗制动时，无论正转还是反转停止，只要将停止按钮SB_1按到底，正转或反转交流接触器KM_1或KM_2线圈就断电释放，KM_1或KM_2各自的三相主触点断开，使电动机脱离电源，此时交流接触器KM_3、得电延时时间继电器KT线圈得电吸合且KT不延时瞬动常开触点与KM_3辅助常开触点均闭合串联自锁，KT开始延时，KM_3主触点闭合，将直流电源通入电动机定子绕组中产生静止磁场，从而使电动机快速停止下来。从按下停止按钮SB_1到电动机停止，为KT延时时间，KT延时结束后，KT得电延时断开的常闭触点断开，切断KM_3、KT线圈回路电源，KM_3、KT线圈断电释放，KM_3主触点断开，能耗制动结束。

例 81　全波整流可逆能耗制动控制电路

有些生产工艺设备要求电动机在停止时有制动控制，从而保证电动机快速停止下来。图 6-33 所示为全波整流可逆能耗制动控制电路。

1. 正转起动

按下正转起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转。

2. 正转能耗制动

将停止按钮 SB_1 按到底，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机失电脱离三相交流电源，但仍靠惯性继续转动，此时，制动交流接触器 KM_3、得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，KT 开始延时，KM_3 三相主触点闭合接通直流电源，通入电动机定子绕组，产生一静止磁场，对电动机进行能耗制动，使电动机快速停止下来，从而完成正转快速制动。经 KT 延时后，KT 得电延时断开的常闭触点断开，切断了 KM_3、KT 线圈回路电源，KM_3、KT 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，电动机能耗制动结束。

3. 正转自由停机

轻轻按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机失电，但由于惯性作用，不能立即停止下来，在短时间内缓慢停止。

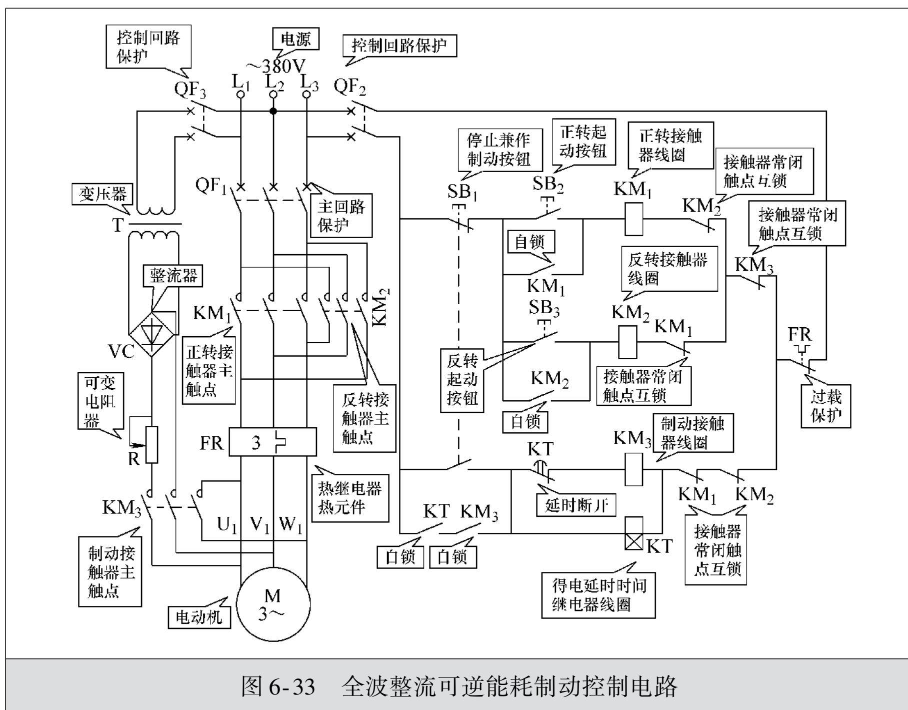


图 6-33　全波整流可逆能耗制动控制电路

4. 反转起动

按下反转起动按钮 SB_3，交流接触器 KM_2线圈得电吸合且 KM_2辅助常开触点闭合自锁，KM_2三相主触点闭合，电动机得电反转。

5. 反转能耗制动

将停止按钮 SB_1按到底，交流接触器 KM_2线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机失电脱离三相交流电源，但仍靠惯性运转，此时，制动交流接触器 KM_3、得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合，KT 开始延时，KM_3三相主触点闭合接通直流电源，通入电动机定子绕组，产生一静止磁场，对电动机进行能耗制动，使电动机快速停止下来，从而完成反转快速制动。经 KT 一段延时后，KT 得电延时断开的常闭触点断开，切断了 KM_3、KT 线圈回路电源，KM_3、KT 线圈断电释放，KM_3三相主触点断开，电动机能耗制动结束。

6. 反转自由停机

轻轻按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_2线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机失电，但由于惯性作用，不能立即停止下来，在短时间内缓慢停止。

注意：本电路在操作上存在一个问题，即在正转或反转操作后，欲进行相反转向时，不能直接进行操作，必须先按下停止按钮 SB_1后，方可进行操作。

例 82　电磁制动器制动控制电路

机械制动是利用机械装置使电动机在切断电源后迅速停转。采用比较普遍的机械制动是电磁制动器。电磁制动器主要由两部分组成，即制动电磁铁和制动瓦制动器，如图 6-34 所示。

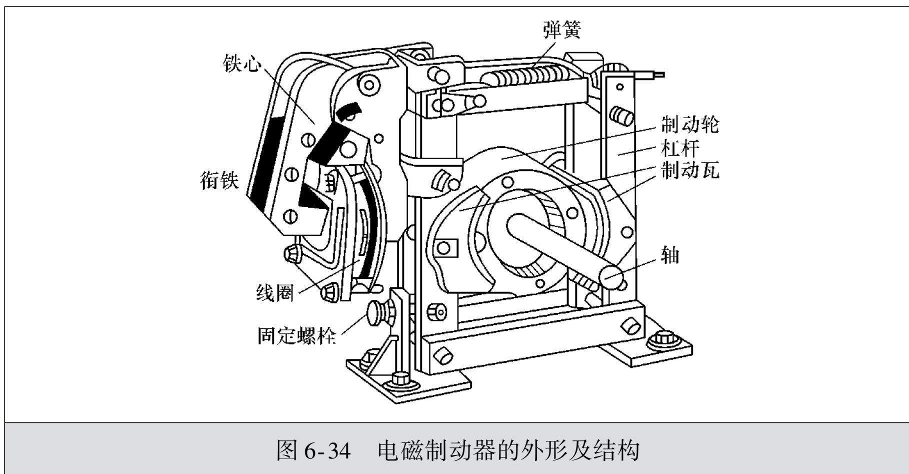


图 6-34　电磁制动器的外形及结构

电磁制动器制动的控制电路与制动原理如图 6-35 所示。当按下起动按钮 SB_2时，交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点闭合自锁，KM 三相主触点

闭合，电动机得电，同时电磁制动器的线圈 YB 也通电，静铁心吸引衔铁而闭合，同时衔铁克服弹簧拉力，迫使制动杠杆向上移动，从而使制动器的制动瓦与制动轮松开，电动机得电起动运转。当按下停止按钮 SB_1 时，交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机的电源被切断时，电磁制动器 YB 线圈也同时断电，衔铁释放，在弹簧拉力的作用下使制动瓦紧紧抱住制动轮，电动机就迅速被制动停转。

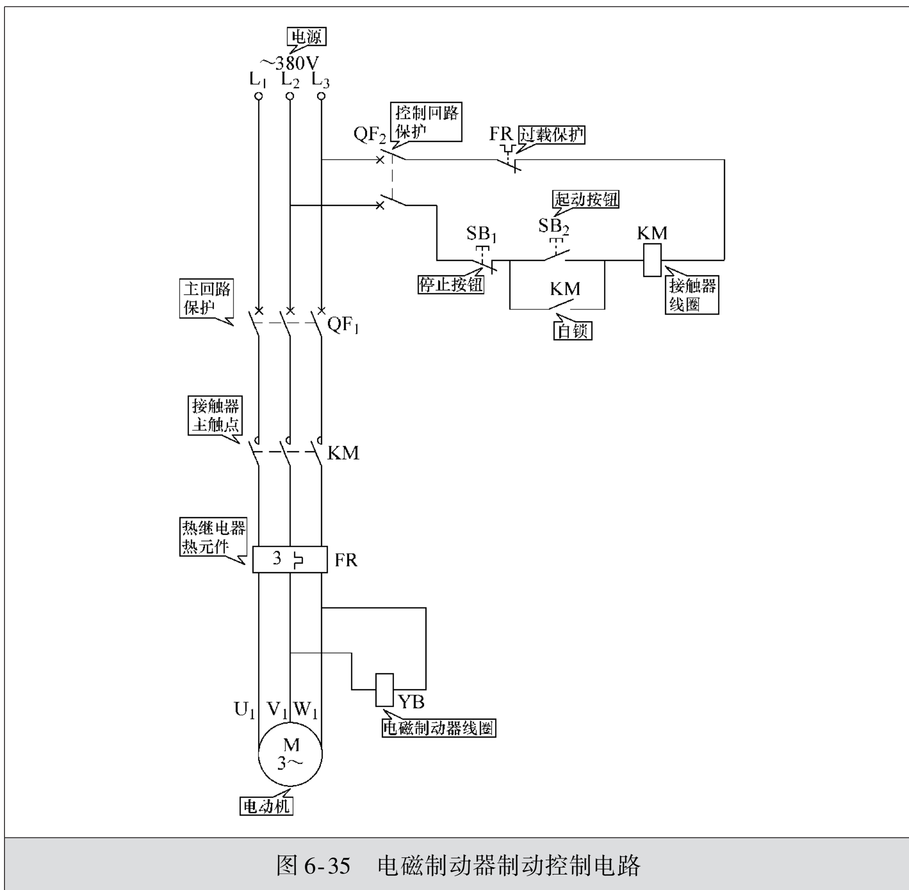


图 6-35　电磁制动器制动控制电路

这种制动在起重机械上被广泛采用。当重物吊到一定高度处，线路突然发生故障断电时，电动机失电，电磁制动器线圈也断电，制动瓦立即抱住制动轮使电动机迅速制动停转，从而可防止重物掉下。另外，也可利用这一点将重物停留在空中某个位置。

例 83　改进的电磁制动器制动控制电路

图 6-36 所示为改进的电磁制动器制动控制电路。

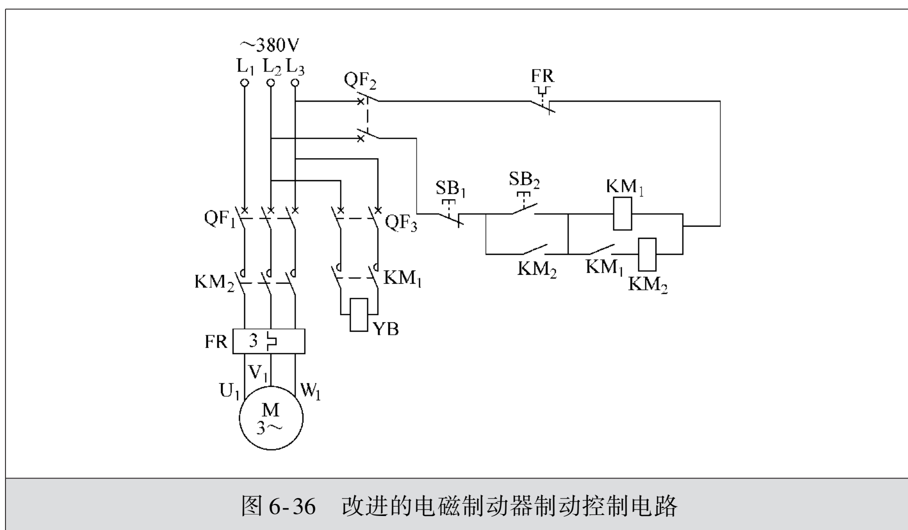


图 6-36　改进的电磁制动器制动控制电路

众所周知，通常出厂配套的电磁制动器直接将制动器制动线圈并联在电动机供电回路中，这种设计方案存在一个缺点，即在电动机刚通电瞬间存在堵转，会造成电路保护装置动作或运转不正常。采用改进的电磁制动器制动电路即可解决上述问题。

在起动时按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电磁制动器线圈 YB 先获电，制动瓦先松开制动轮，由于 KM_1 辅助常开触点的闭合，使交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电运转工作。

停止制动时，按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_1、KM_2 线圈断电释放，其各自的三相主触点均断开，电动机以及电磁制动器线圈均失电，在制动器制动瓦的作用下迅速制动。

例 84　单向起动串电阻反接制动控制电路

电动机在进行反接制动时，反接制动电流为电动机额定电流的 10 倍左右，为了减小反接制动电流，通常是在反接电源回路中串接限流电阻来限制反接制动电流，如图 6-37 所示。

起动时，按下起动按钮 SB_2（3 – 5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3 – 5）闭合，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电运转工作；同时 KM_1 辅助常闭触点（11 – 13）断开，切断反接制动接触器 KM_2 线圈回路电源，起到互锁作用，KM_1 辅助常闭触点（1 – 15）断开，KM_1 辅助常开触点（1 – 19）闭合，电源兼停止指示灯 HL_1 灭，运转指示灯 HL_2 亮，说明电动机已运转工作了。当电动机的转速高于 120r/min 时，速度继电器 KS 常开触点（9 – 11）闭合，为反接制动做准备。

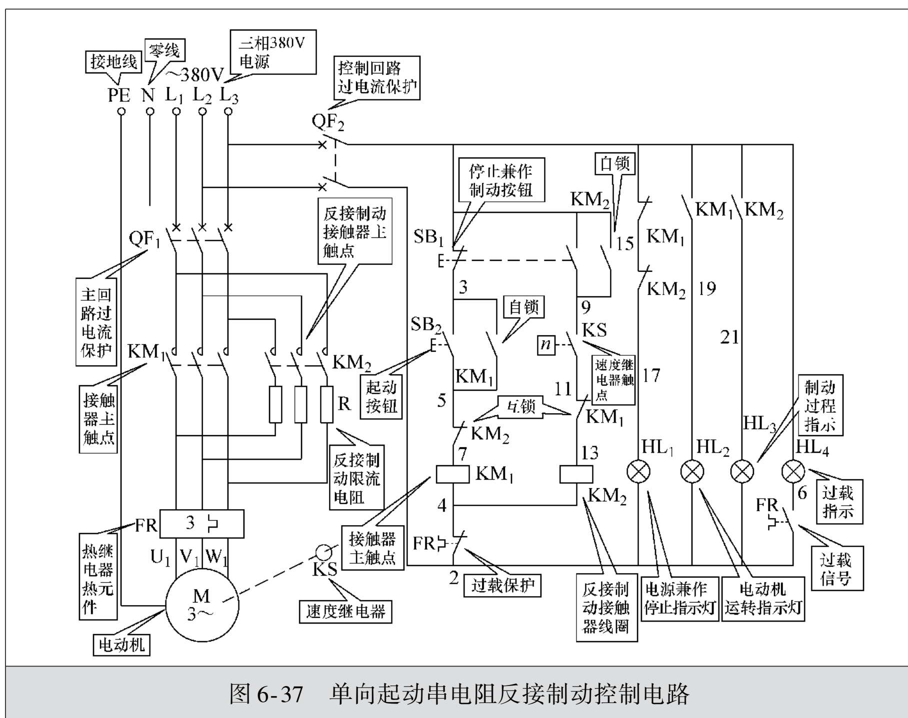


图 6-37　单向起动串电阻反接制动控制电路

制动时，按下停止兼作反接制动按钮 SB_1（1－3、1－9），SB_1的一组常闭触点（1－3）断开，切断了 KM_1线圈回路电源，KM_1线圈断电释放，KM_1三相主触点断开，使电动机脱离三相电源而继续靠惯性运转，同时 SB_1 的另一组常开触点（1－9）闭合，接通反接制动接触器 KM_2线圈回路电源，KM_2线圈得电吸合，KM_2三相主触点闭合，电动机猛然从正转惯性运转改为反转，其运转速度会迅速降落下来，这时 KM_2辅助常开触点（1－21）闭合，反接制动指示灯 HL_3亮，说明正在进行反接制动，当电动机的转速小于 100r/min 时，速度继电器 KS 常开触点（9－11）断开，切断了交流接触器 KM_1线圈回路电源，KM_2线圈断电释放，KM_2三相主触点断开，电动机失电停止运转，指示灯 HL_3灭，反接制动结束。

例 85　防止制动电磁铁延时释放电路

用交流电磁铁作为交流三相异步电动机的制动装置，有时会出现无制动现象。根据电路分析，造成电磁铁不释放的原因是电磁铁线圈直接并接在电动机定子绕组上。虽然停止电动机，交流接触器三相主触点断开，使电动机脱离三相交流电源而失去动力，但由于电动机仍靠惯性继续转动，只要电动机转动，就会产生剩磁，定子绕组就会感应出电动势来，这个电动势会直接加在电磁铁线圈上，所以电磁铁不会立即释放，造成制动失灵。实际上解决此问题的方法很多，但最简单的方法是在交流电磁铁 YB 线圈回路中串联一只交流接触器 KM 的常开触点。这样，只要在停止时按下停止按钮 SB_1（1－3），交流接触器 KM 线圈就会断电释放，KM 三相主触

点断开，使电动机脱离三相交流电源而失去动力，但电动机仍靠惯性继续转动；同时 KM 串接在电磁铁 YB 回路中的常开触点断开，使交流电磁铁线圈与电动机定子绕组形不成回路而释放，带动制动机构将电动机转轮抱住，使电动机迅速停止下来，从而解决了电磁铁延时释放问题。

图 6-38 中，HL_1 为电源兼电动机停止指示灯；HL_2 为电动机运转指示灯；HL_3 为电动机过载指示灯。

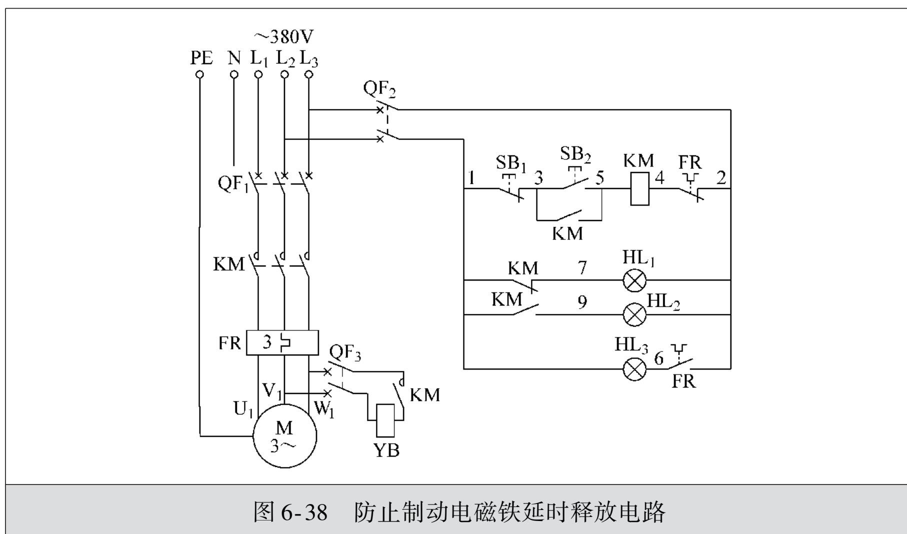


图 6-38　防止制动电磁铁延时释放电路

例 86　直流能耗制动控制电路

有很多小功率电动机，在停止时要求快速停机。下面介绍一种直流能耗制动电路，特别适合对小功率电动机进行制动控制，如图 6-39 所示。

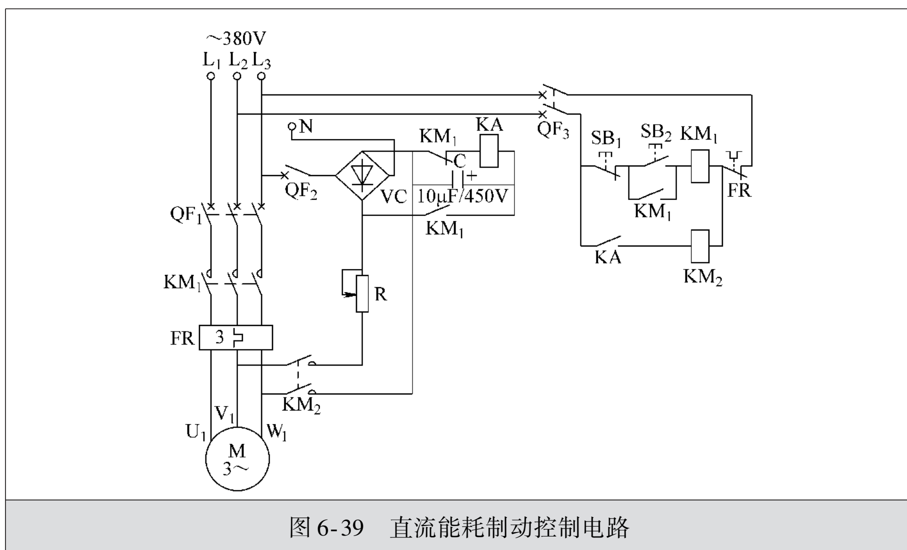


图 6-39　直流能耗制动控制电路

起动时，按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1线圈得电吸合且 KM_1辅助常开触点闭合自锁，KM_1三相主触点闭合，电动机得电运转工作。同时 KM_1辅助常闭触点断开，切断小型灵敏继电器 KA 线圈电源，使 KA 线圈不能得电吸合；而 KM_1在制动回路中的辅助常开触点闭合，给电容器 C 充电。

制动时，按下停止按钮 SB_1，切断交流接触器 KM_1线圈回路电源，交流接触器 KM_1线圈断电释放，KM_1三相主触点断开，切断了电动机三相交流电源，但电动机仍靠惯性继续转动做自由停机；由于 KM_1辅助常闭触点闭合，使电容器 C 放电，接通了小型灵敏继电器 KA 线圈回路电源，KA 线圈得电吸合，KA 串联在交流接触器 KM_2线圈回路中的常开触点闭合，接通了交流接触器 KM_2线圈回路电源，使交流接触器 KM_2线圈得电吸合，KM_2三相主触点闭合，将直流电源通入电动机绕组内，产生一静止磁场，从而使电动机迅速制动停止下来。在交流接触器 KM_1辅助常闭触点闭合的同时，电容器 C 对小型灵敏继电器 KA 线圈（阻值为 3500Ω）开始放电，当电容器 C 上的电压逐渐降低至最小值时（也就是制动延时时间），小型灵敏继电器 KA 线圈断电释放，KA 常开触点断开，使 KM_2线圈也断电释放，KM_2主触点断开，切断能耗制动直流电源，能耗制动结束。改变电容器 C 的值就改变能耗制动时间。图 6-39 中整流器 VC 选用四只反向击穿电压大于 500V 的整流二极管，其电流则通过计算得出（因电动机功率不同所需制动电流也不相同，需计算得出）。

自由停止控制时，将制动断路器 QF_2断开，制动电源被切除，所以当按下停止按钮 SB_1时，电动机因失电后仍靠惯性转动而自由停止（无制动控制）。

例 87　单管整流能耗制动控制电路

有的机械设备要求在停机时能迅速将电动机停止下来，因此需要采用制动电路。图 6-40 所示是采用单只整流管能耗制动控制电路。

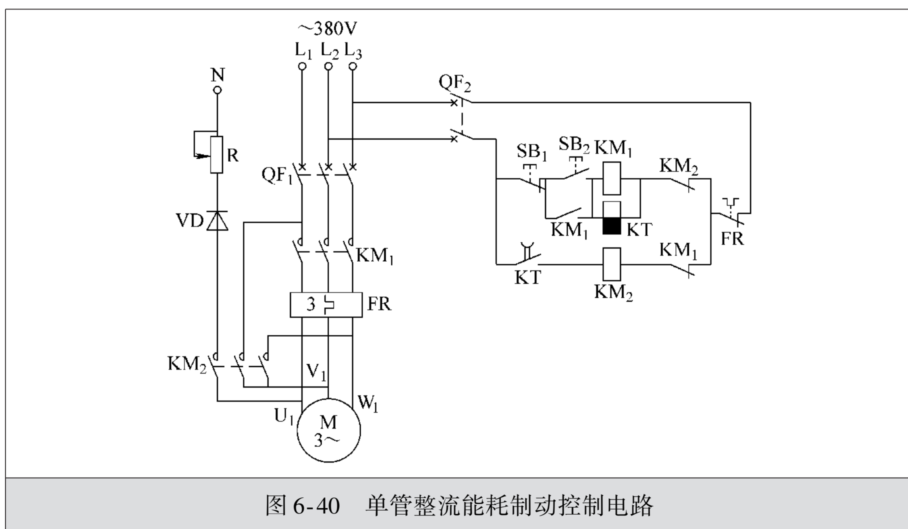


图 6-40　单管整流能耗制动控制电路

起动时，按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1、失电延时时间继电器 KT 线圈同时得电吸合且 KM_1 辅助常开触点闭合自锁，KM_1 辅助常闭触点断开，互锁 KM_2 线圈回路，以保证 KM_1 线圈得电吸合工作时 KM_2 线圈不能得电工作，同时 KT 失电延时断开的常开触点立即闭合，为停止时 KM_2 制动交流接触器线圈工作做准备，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电运转工作。

制动时，按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_1、失电延时时间继电器 KT 线圈断电释放且 KT 开始延时，KM_1 三相主触点断开，电动机绕组失电但仍靠惯性继续转动；KM_1 辅助常闭触点恢复常闭状态（此时 KT 失电延时断开的常开触点已闭合），制动交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，将整流二极管 VD 串入电动机绕组中，产生能耗制动作用使电动机迅速停止。经 KT 一段延时后，KT 失电延时断开的常开触点断开，切断交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，解除能耗制动，从而完成制动过程。

本电路简单、实用、成本低，适用于 10kW 以下电动机且对制动要求不高的场合。

例 88　简单实用的可逆能耗制动控制电路

图 6-41 所示为简单实用的可逆能耗制动控制电路。

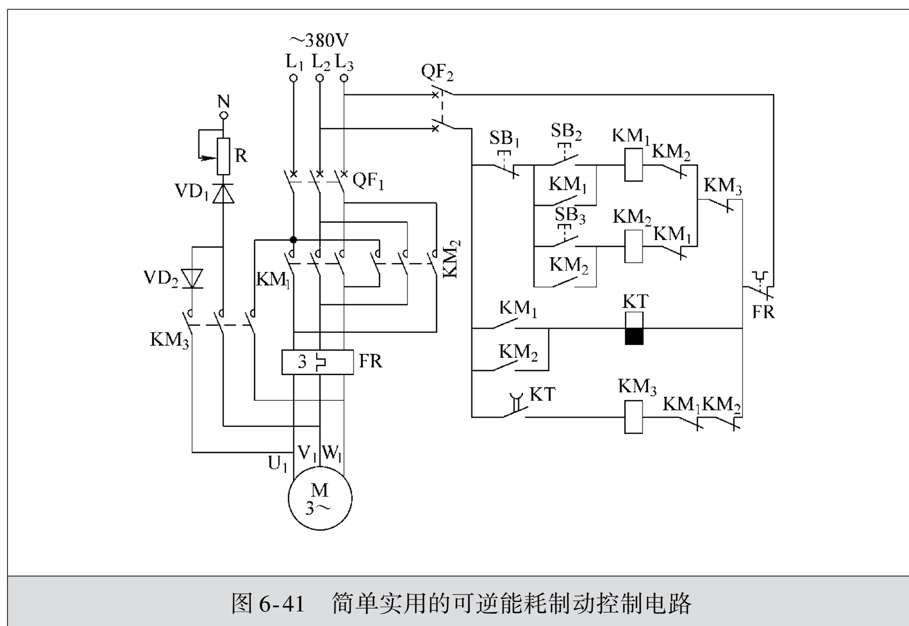


图 6-41　简单实用的可逆能耗制动控制电路

正转起动时，按下正转起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正向运转。同时 KM_1 辅助常开触点闭合，接通了失电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，失电延时时间继电

器 KT 线圈得电吸合，KT 失电延时断开的常开触点立即闭合，为能耗制动控制交流接触器 KM_3 线圈工作做准备（因串联在交流接触器 KM_1 线圈回路中的常闭触点已断开）。

正转能耗制动时，按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电仍靠惯性继续转动。KM_1 辅助常开触点断开，切断了失电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，失电延时时间继电器 KT 线圈断电释放并开始延时，KM_1 串联在 KM_3 线圈回路中的辅助常闭触点恢复常闭，接通了交流接触器 KM_3 线圈回路电源，交流接触器 KM_3 线圈得电吸合，KM_3 三相主触点闭合，使直流电源通入电动机绕组内产生静止磁场，使电动机迅速制动停止，经 KT 延时一段时间后，KT 失电延时断开的常开触点恢复常开，切断 KM_3 线圈回路电源，KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，解除能耗制动。

反转起动、反转能耗制动与正转完全相同，这里不再重复讲述。

第 7 章　电动机顺序控制电路

例 89　两台电动机顺序起动、同时停止控制电路（1）

两台电动机顺序起动、同时停止控制电路（1）如图 7-1 所示。

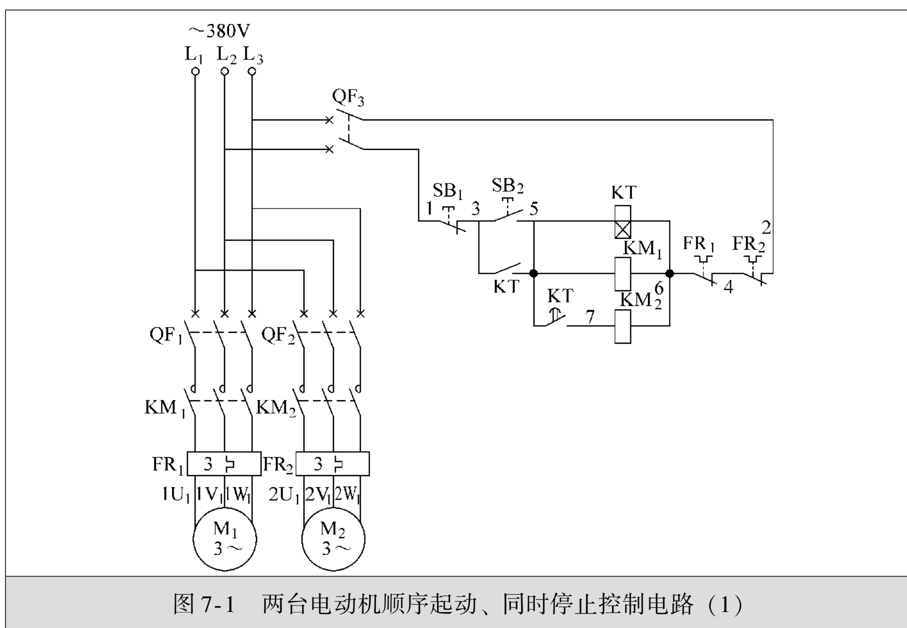


图 7-1　两台电动机顺序起动、同时停止控制电路（1）

1. 顺序起动

按下起动按钮 SB_2（3－5），得电延时时间继电器 KT 和交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KT 不延时瞬动常开触点（3－5）闭合自锁，KT 开始延时。KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电先起动运转。经 KT 延时后，KT 得电延时闭合的常开触点（5－7）闭合，接通了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电起动。至此，完成两台电动机顺序起动控制。

2. 同时停止

停止时，按下停止按钮 SB_1（1－3），得电延时时间继电器 KT 和交流接触器

KM_1、KM_2线圈断电释放，KM_1、KM_2各自的三相主触点断开，电动机 M_1、M_2均失电停止运转。至此，完成两台电动机同时停止控制。

例 90　两台电动机顺序起动、同时停止控制电路（2）

如图 7-2 所示，起动时，按下起动按钮 SB_2（1－3）再松开，失电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合又断电释放，KT 开始延时。KT 失电延时闭合的常闭触点（7－9）立即断开，为延时接通交流接触器 KM_2线圈回路做准备。此时 KT 不延时瞬动常开触点（5－7）闭合，使交流接触器 KM_1线圈得电吸合且 KM_1辅助常开触点（5－7）闭合自锁，KM_1三相主触点闭合，电动机 M_1先得电起动；经 KT 一段延时后，KT 失电延时闭合的常闭触点（7－9）恢复常闭，接通了交流接触器 KM_2线圈回路电源，KM_2线圈得电吸合，KM_2三相主触点闭合，电动机 M_2后得电起动。至此，完成两台电动机从前向后顺序自动起动控制。

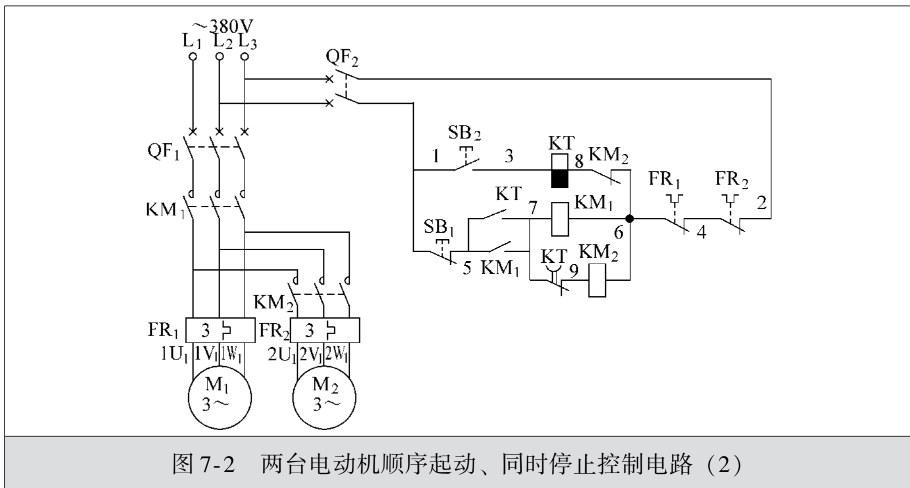


图 7-2　两台电动机顺序起动、同时停止控制电路（2）

停止时，按下停止按钮 SB_1（1－5），交流接触器 KM_1、KM_2线圈断电释放，KM_1、KM_2各自的三相主触点断开，电动机 M_1、M_2均同时失电而停止运转。至此，完成两台电动机同时停止控制。

例 91　两台电动机开机按次序从前向后自动完成而停机不按次序操作电路

这里介绍一种两台电动机在开机时按次序从前向后延时起动，而在停机时不按次序任意操作的电路，如图 7-3 所示。

开机时，按下电动机 M_1起动按钮 SB_2，SB_2的一组常开触点（3－5）闭合，使交流接触器 KM_1线圈得电吸合，交流接触器 KM_1辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1三相主触点闭合，电动机 M_1先得电运转，同时 KM_1辅助常开触点（13－15）

闭合，为 M_2 电动机控制回路工作做准备。KM_1 辅助常闭触点（1－17）断开，KM_1 辅助常开触点（1－21）闭合，电源兼停止指示灯 HL_1 灭，电动机 M_1 运转指示灯 HL_2 亮，说明电动机 M_1 已起动完成。在按下起动按钮 SB_2 的同时，SB_2 的另外一组常开触点（5－7）闭合，使得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KT 不延时瞬动常开触点（5－7）闭合自锁，并开始延时。经 KT 一段延时后，KT 得电延时闭合的常开触点（11－13）闭合，使交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，KM_2 辅助常开触点（11－15）闭合自锁；KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电运转；KM_2 辅助常闭触点（7-9）断开，切断 KT 线圈回路电源，KT 线圈断电释放，KT 不延时瞬动常开触点（5－7）断开，KT 得电延时闭合的常开触点（11－13）恢复常开，为随时停止 KM_2 做准备；KM_2 辅助常闭触点（17－19）断开，KM_2 辅助常开触点（1－23）闭合，电动机 M_2 运转指示灯 HL_3 亮，说明电动机 M_2 已起动完成。

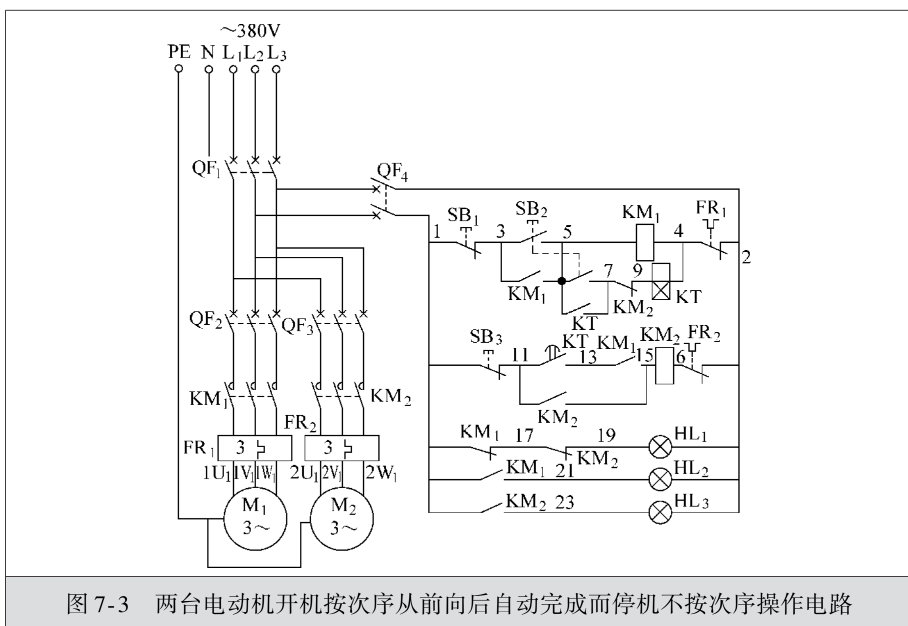


图 7-3　两台电动机开机按次序从前向后自动完成而停机不按次序操作电路

停止时，可不按次序任意停机。当按下 SB_1（1－3）时，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电停止运转，KM_1 辅助常开触点（1－21）断开，电动机 M_1 运转指示灯 HL_2 灭，说明电动机 M_1 已停止运转。当按下 SB_3（1－11）时，交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 失电停止运转，KM_2 辅助常开触点（1－23）断开，电动机 M_2 运转指示灯 HL_3 灭，说明电动机 M_2 已停止运转。

注意，停止兼电源指示灯 HL_1 只有在两台电动机全部停止后才会被点亮。

例 92　两台电动机从前向后延时起动、从后向前延时停止控制电路

图 7-4 采用两只得电延时时间继电器控制两台电动机，要求起动时从前向后逐台延时起动；而停止时则相反，需从后向前逐台延时停止。

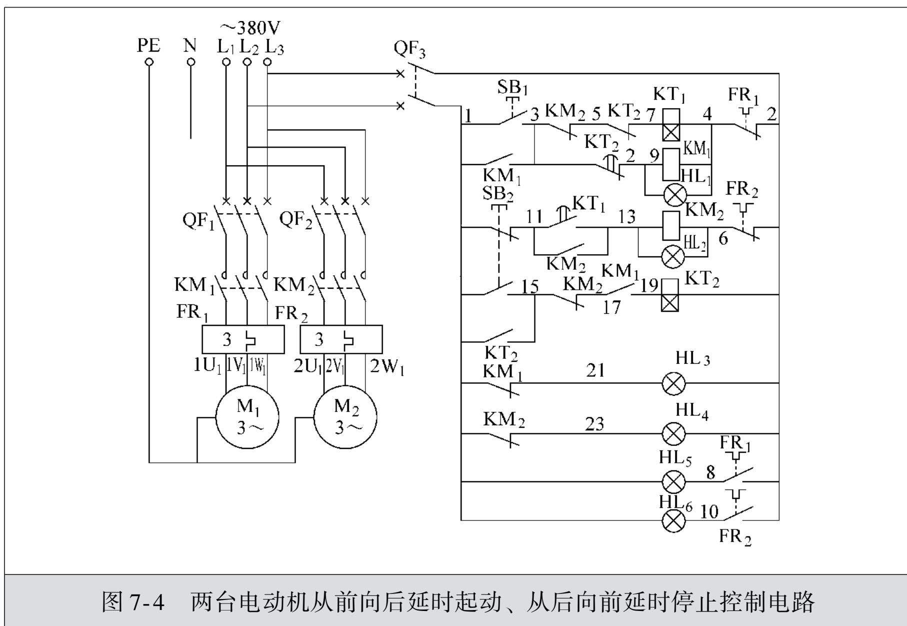


图 7-4　两台电动机从前向后延时起动、从后向前延时停止控制电路

起动时，按下起动按钮 SB_1（1－3），得电延时时间继电器 KT_1、交流接触器 KM_1线圈得电吸合且 KM_1辅助常开触点（1－3）闭合自锁，指示灯 HL_1亮，KM_1三相主触点闭合，电动机 M_1得电起动；同时 KM_1辅助常闭触点（1－21）断开，指示灯 HL_3灭，说明电动机 M_1已起动。与此同时，KM_1串联在 KT_2线圈回路中的常开触点（17－19）闭合，为接通 KT_2线圈做准备工作。同时 KT_1开始延时。

经 KT_1延时后，KT_1得电延时闭合的常开触点（11－13）闭合，接通了交流接触器 KM_2线圈回路电源，KM_2线圈得电吸合且 KM_2辅助常开触点（11－13）闭合自锁，指示灯 HL_2亮，KM_2三相主触点闭合，电动机 M_2得电起动。由于交流接触器 KM_2线圈得电吸合，KM_2串联在 KT_1线圈回路中的辅助常闭触点（3－5）断开，切断得电延时时间继电器 KT_1线圈电源，以达到节电目的。同时 KM_2辅助常闭触点（1－23）断开，指示灯 HL_4灭，说明电动机 M_2起动了，从而完成起动时从前向后逐台延时起动。

停止时，则按下停止按钮 SB_2，SB_2的一组常闭触点（1－11）断开，切断了交流接触器 KM_2线圈回路电源，KM_2线圈断电释放，指示灯 HL_2灭，KM_2三相主触点断开，电动机 M_2失电停止运转；SB_2的另一组常开触点（1－15）闭合，接通了得电延时时间继电器 KT_2线圈回路电源，KT_2线圈得电吸合且 KT_2不延时瞬动常开触

点（1－15）闭合自锁，KT_2开始延时。同时 KT_2辅助常闭触点（1－23）恢复常闭状态，指示灯 HL_4亮，说明电动机 M_2已先停止运转了。

经 KT_2延时后，KT_2得电延时断开的常闭触点（3－9）断开，切断了交流接触器 KM_1线圈回路电源，KM_1线圈断电释放，指示灯 HL_1灭，KM_1三相主触点断开，电动机 M_1失电停止运转了。在 KM_1线圈断电释放的同时，KM_1串联在 KT_2线圈回路中的辅助常开触点（17－19）断开，将得电延时时间继电器 KT_2线圈回路切断，使 KT_2线圈断电释放，恢复原始状态。同时，KM_1辅助常闭触点（1－21）恢复常闭状态，指示灯 HL_3亮，说明电动机 M_2后停止运转了，从而完成停止时从后向前逐台延时停止。

图 7-4 中，HL_1为电动机 M_1运转指示灯；HL_2为电动机 M_2运转指示灯；HL_3为电动机 M_1停止兼电源指示灯；HL_4为电动机 M_2停止兼电源指示灯；HL_5、HL_6为电动机 M_1、M_2过载指示灯，当电动机 M_1、M_2过载时，其相应指示灯 HL_5、HL_6被点亮。

例 93　两台电动机从前向后顺序起动、从前向后顺序停止控制电路

有些生产设备要求两台电动机从前向后顺序起动、从前向后顺序停止控制。图 7-5 所示电路能满足这一要求。

1. 起动

先按下起动按钮 SB_2(3－5)，交流接触器 KM_1线圈得电吸合，KM_1辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1三相主触点闭合，电动机 M_1得电先起动运转。同时 KM_1辅助常闭触点（1－13）断开，切断了电动机 M_2停止指示灯 HL_1回路电源，HL_1灭；KM_1辅助常开触点（1－15）闭合，电动机 M_1运转指示灯 HL_2亮，说明电动机 M_1起动运转；KM_1并联在停止按钮 SB_3上的辅助常开触点（1－7）闭合，将 SB_3停止按钮短接了起来，以防止停止时先停止 SB_3；KM_1辅助常开触点（9－11）闭合，为 KM_2线圈得电提供条件。再按下起动按钮 SB_4(7-9)，交流接触器 KM_2线圈得电吸合且 KM_2辅助常开触点（7-11）闭合自锁，KM_2三相主触点闭合，电动机 M_2 得电运转。同时 KM_2辅助常闭触点（1－17）断开，切断了 M_2停止指示灯 HL_3回路电源，HL_3灭；KM_1辅助常开触点（1－19）闭合，电动机 M_2运转指示灯 HL_4亮，说明电动机 M_2起动运转。从而完成了起动时从前向后逐台顺序起动。

2. 停止

按下停止按钮 SB_1(1－3)，交流接触器 KM_1线圈断电释放，KM_1三相主触点断开，电动机 M_1失电先停止运转。同时，KM_1并联在 SB_3停止按钮上的常开触点(1－7)断开，为停止电动机 M_2控制交流接触器 KM_2线圈回路提供准备条件；KM_1辅助常开触点（1－15）断开，电动机 M_1运转指示灯 HL_2灭，KM_1辅助常闭触点（1－13）闭合，电动机 M_1停止指示灯 HL_1亮，说明电动机 M_1已失电停止运转。再按下停止按钮 SB_3(1－7)，交流接触器 KM_2线圈断电释放，KM_2三相主触点断开，

电动机 M_2失电停止运转。同时 KM_2辅助常开触点（1－19）断开，电动机 M_2运转指示灯 HL_4灭，KM_2辅助常闭触点（1－17）闭合，电动机 M_2停止指示灯 HL_3亮，说明电动机 M_2已停止运转了。从而完成了停止时从前向后逐台顺序停止。

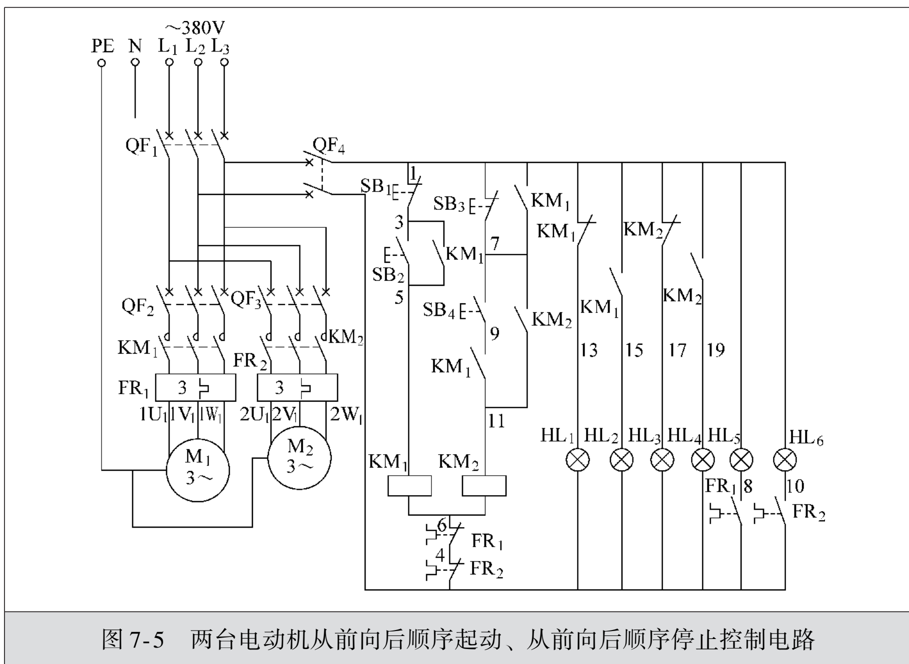


图 7-5　两台电动机从前向后顺序起动、从前向后顺序停止控制电路

电路中，HL_5为电动机 M_1过载指示灯，此灯亮说明电动机 M_1过载了；HL_6为电动机 M_2过载指示灯，此灯亮说明电动机 M_2过载了。

例 94　两台电动机任意一台先开后停、另一台后开先停顺序控制电路

两台电动机任意一台先开后停、另一台后开先停顺序控制电路，如图 7-6 所示。也就是说，倘若先起动电动机 M_1，再起动电动机 M_2，则停止时必须先停止电动机 M_2后，方可停止电动机 M_1；倘若先起动电动机 M_2，再起动电动机 M_1，则停止时必须先停止电动机 M_1后，才能停止电动机 M_2，否则在停止时无法操作。

倘若起动时先起动电动机 M_1，则先按下电动机 M_1起动按钮 SB_2，它的两组常开触点（3－5、9－11）均闭合，使交流接触器 KM_1、中间继电器 KA 线圈均同时得电吸合且分别自锁。也就是说，KM_1辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KA 常开触点（9－13）闭合，KM_1三相主触点闭合，电动机 M_1得电起动。同时 KM_1辅助常开触点（1－19）闭合、KA 常开触点（15－19）断开，为再起动电动机 M_2后需先停止电动机 M_2做准备，KA 常开触点（3－7）闭合，为 KM_2闭合后共同短接锁住 SB_1，使 SB_1不能工作做准备。同时指示灯 HL_1灭、HL_2亮，说明电动机 M_1先起动运转了。当电动机 M_1起动后，再按下电动机 M_2起动按钮 SB_4，SB_4常开触点（15

-17）闭合，使交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 并联在 SB_4 两端的辅助常开触点（15-17）闭合，KM_2 线圈自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 起动。同时 KM_2 分别并联在电动机 M_1 停止按钮 SB_1 上的辅助常开触点（1-3、1-9）均闭合，短接锁住了 SB_1，从而使停止按钮 SB_1 无法操作。同时指示灯 HL_3 灭、HL_4 亮，说明电动机 M_2 后起动了。

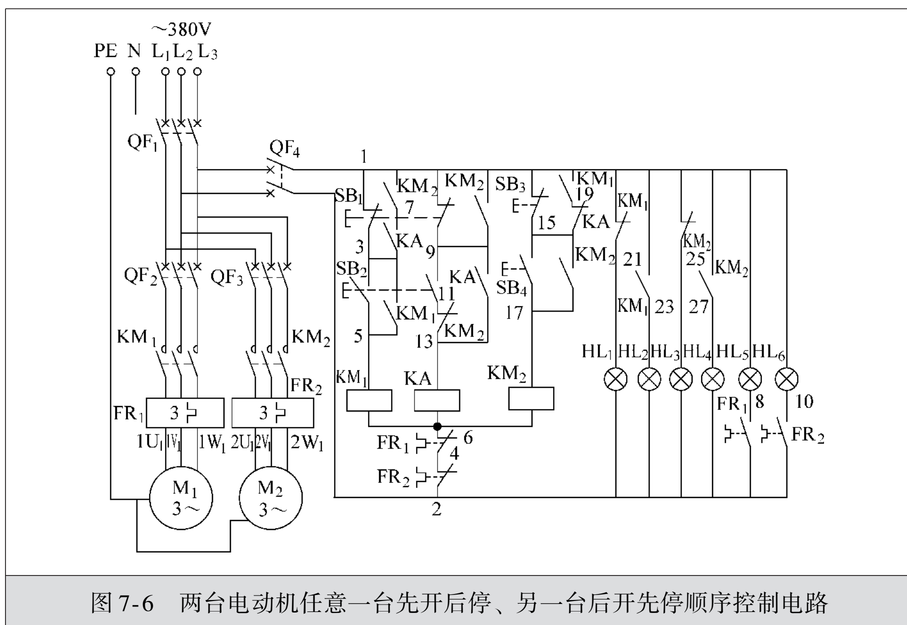


图 7-6　两台电动机任意一台先开后停、另一台后开先停顺序控制电路

由于电动机 M_1 停止按钮 SB_1 被 KM_2 辅助常开触点锁住，所以在停止时必须先停止电动机 M_2，也就是先按下电动机 M_2 停止按钮 SB_3，使交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 先失电停止运转；当 KM_2 线圈断电释放后，KM_2 并联在电动机 M_1 停止按钮 SB_1 上的辅助常开触点（1-3、1-9）均断开，解除了对停止按钮 SB_1 的短接。这样，在电动机 M_2 停止运转后，再按下电动机 M_1 的停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_1 线圈才可以断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 停止运转；同时指示灯 HL_2、HL_4 灭，HL_1、HL_3 亮，说明电动机 M_1、M_2 均停止运转。

倘若先起动 M_2，再起动 M_1，那么因 KM_2 线圈得电吸合后，KM_2 串联在 KA 线圈回路中的常闭触点（11-13）先断开，使 KA 线圈无法得电而不吸合，所以 KA 接在 KM_2 线圈回路中的常闭触点（15-19）闭合，使 KM_2 线圈在 KM_1 线圈得电吸合后，KM_1 辅助常开触点（1-19）闭合，而将电动机 M_2 停止按钮 SB_3 短接起来，使电动机 M_2 必须在电动机 M_1 停止后才能停止；而 KA 接在 KM_1 线圈回路中的常开触点（3-7）因 KA 线圈不能吸合，处于常开状态，所以电动机 M_1 的停止按钮 SB_1 没有被短接起来，可以在停止时先停止 SB_1。KM_1 线圈断电释放后，KM_1 辅助

常开触点（1－19）恢复常开状态，解除对 SB_3 的短接才能再按下停止按钮 SB_3 来停止电动机 M_2，从而完成起动时先起动 M_2 后再起动电动机 M_1；在停止时，先停止 M_1 后才能停止 M_2。

例 95　两台电动机顺序起动、顺序停止控制电路

有些生产工艺要求电动机在起动时必须按次序先起动 M_1，然后再起动 M_2；在停止时也必须按次序先停止 M_1，然后再停止 M_2。图 7-7 所示电路能满足上述控制要求。

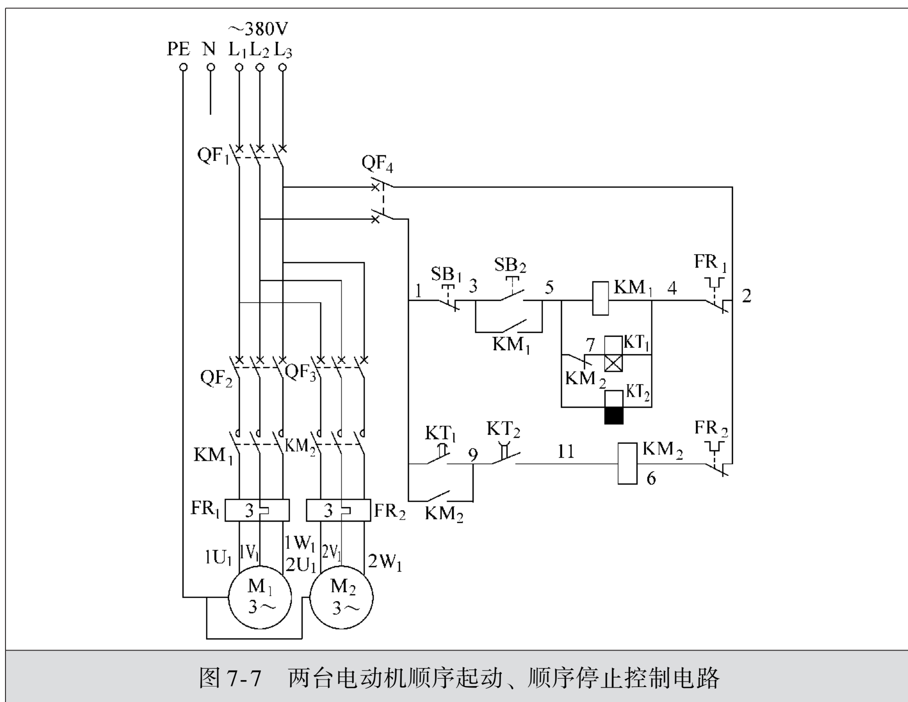


图 7-7　两台电动机顺序起动、顺序停止控制电路

起动时，按下起动按钮 SB_2（3－5），交流接触器 KM_1、得电延时时间继电器 KT_1、失电延时时间继电器 KT_2 线圈同时吸合且 KM_1 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 先得电起动；同时得电延时时间继电器 KT_1 开始延时，失电延时时间继电器 KT_2 的失电延时断开的常开触点（9－11）立即闭合，为交流接触器 KM_2 线圈工作做准备，也为延时停止 KM_2 做准备。经得电延时时间继电器 KT_1 延时后，KT_1 得电延时闭合的常开触点（1－9）闭合，接通了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（1－9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电起动；同时 KM_2 辅助常闭触点（5－7）断开，切断了得电延时时间继电器 KT_1 线圈回路电源，KT_1 线圈断电释放（以节约 KT_1 线圈消耗的电能），KT_1 得电延时闭合的常开触点（1－9）恢复常开。至此完

成了先起动 M_1 再起动 M_2 的顺序自动起动。

停止时，按下停止按钮 SB_1（1－3），交流接触器 KM_1、失电延时时间继电器 KT_2 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 先失电停止运转；同时 KT_2 开始延时。经 KT_2 一段延时后，KT_2 失电延时断开的常开触点（9－11）断开，切断了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 后失电停止运转。从而完成停止时先停 M_1 再停 M_2 的顺序自动停止。

例 96　两台电动机顺序起动、任意停止控制电路（1）

有的生产设备在起动时要求按顺序先起动第一台电动机，再起动第二台电动机；而在停止操作时无任何要求，可任意停止这两台电动机，如图 7-8 所示。

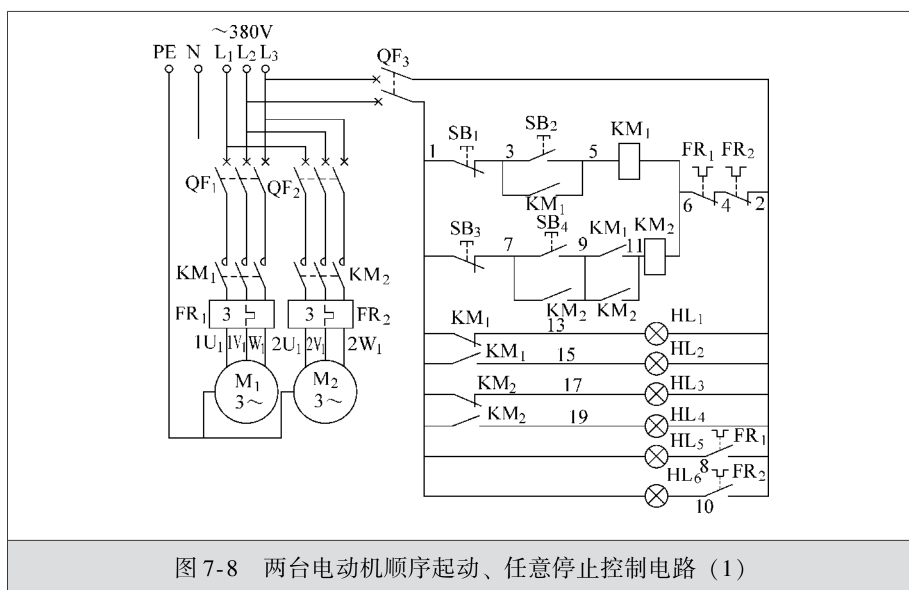


图 7-8　两台电动机顺序起动、任意停止控制电路（1）

起动时，先起动第一台电动机 M_1，则按下起动按钮 SB_2（3－5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电运转工作。同时 KM_1 辅助常闭触点（1－13）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_1 辅助常开触点（1－15）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明第一台电动机 M_1 已起动了。

由于在第二台电动机 M_2 的控制回路中串接了交流接触器 KM_1 的辅助常开触点（9－11），只有在交流接触器线圈 KM_1 吸合动作后，其辅助常开触点（9－11）闭合，才能为第二台电动机控制回路提供起动准备。所以，起动时必须先起动第一台电动机 M_1 后才能起动第二台电动机 M_2。

此时若起动第二台电动机 M_2，则按下起动按钮 SB_4（7－9），交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 的两组辅助常开触点均闭合。其中，KM_2 的一组辅助常开触点

（7－9）闭合自锁，KM_2另一组辅助常开触点（9－11）闭合，将交流接触器KM_1辅助常开触点（9－11）短接自锁了起来。KM_2三相主触点闭合，第二台电动机M_2得电运转工作。同时，KM_2辅助常闭触点（1－17）断开，指示灯HL_3灭，KM_2辅助常开触点（1－19）闭合，指示灯HL_4亮，说明第二台电动机已起动了。

当两台电动机全部起动运转起来后，可任意对其分别进行停止操作。也就是说，当按下停止按钮SB_1（1－3）时，停止第一台电动机M_1；当按下停止按钮SB_3（1－7）时，停止第二台电动机M_2。

图7-8中，HL_5为电动机M_1过载指示灯；HL_6为电动机M_2过载指示灯。当电动机出现过载时，过载指示灯亮。

例97　两台电动机顺序起动、任意停止控制电路（2）

两台电动机顺序起动、任意停止控制电路（2）如图7-9所示。

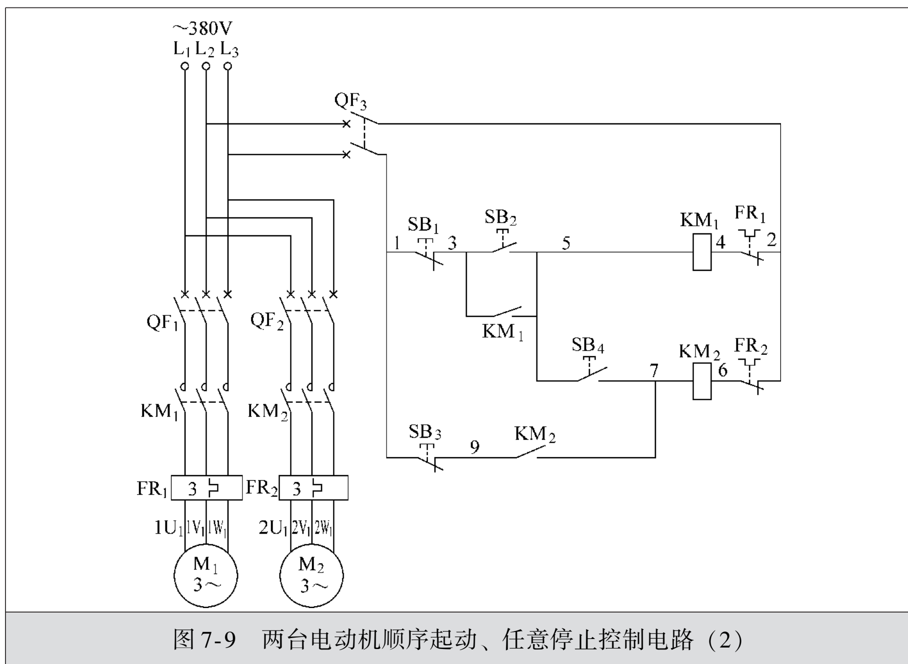


图7-9　两台电动机顺序起动、任意停止控制电路（2）

顺序起动时，先按下电动机M_1起动按钮SB_2（3－5），交流接触器KM_1线圈得电吸合且KM_1辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1三相主触点闭合，电动机M_1先得电起动。因电动机M_2的控制回路电源接在KM_1自锁辅助常开触点（3－5）的后面，所以KM_1自锁辅助常开触点（3－5）闭合后才允许对电动机M_2的控制回路进行操作。按下电动机M_2起动按钮SB_4（5－7），交流接触器KM_2线圈得电吸合且KM_2辅助常开触点（7－9）闭合自锁，KM_2三相主触点闭合，电动机M_2后得电起动。

停止时，不分先后，任意进行停止操作。当按下停止按钮 SB_1(1－3）时，交流接触器 KM_1线圈断电释放，KM_1三相主触点断开，电动机 M_1失电停止运转。当按下停止按钮 SB_3时，交流接触器 KM_2线圈断电释放，KM_2三相主触点断开，电动机 M_2失电停止运转。

例 98　两台电动机顺序起动、任意停止控制电路（3）

因电动机 M_2的控制回路中串接了交流接触器 KM_1的一组辅助常开触点（9－11)，所以只有电动机 M_1先起动运转后，KM_1辅助常开触点（9－11）闭合，才能操作电动机 M_2的控制回路。

如图 7-10 所示，起动时，按下电动机 M_1起动按钮 SB_2(3－5)，交流接触器 KM_1线圈得电吸合且 KM_1辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1三相主触点闭合，电动机 M_1先得电起动。当 KM_1线圈得电吸合后，KM_1串联在交流接触器 KM_2线圈回路中的辅助常开触点（9－11）闭合，为接通交流接触器 KM_2线圈回路做准备。按下电动机 M_2起动按钮 SB_4(7－9)，交流接触器 KM_2线圈得电吸合且 KM_2辅助常开触点（7－9）闭合自锁，KM_2三相主触点闭合，电动机 M_2后得电起动。为了保证在两台电动机全部起动后能分别任意停止，KM_2的一组辅助常开触点（9－11）闭合，将 KM_1串联在 KM_2线圈回路中的辅助常开触点（9－11）短接起来。这样，两台电动机控制电路就可以互不制约，分别独立进行停止操作了。

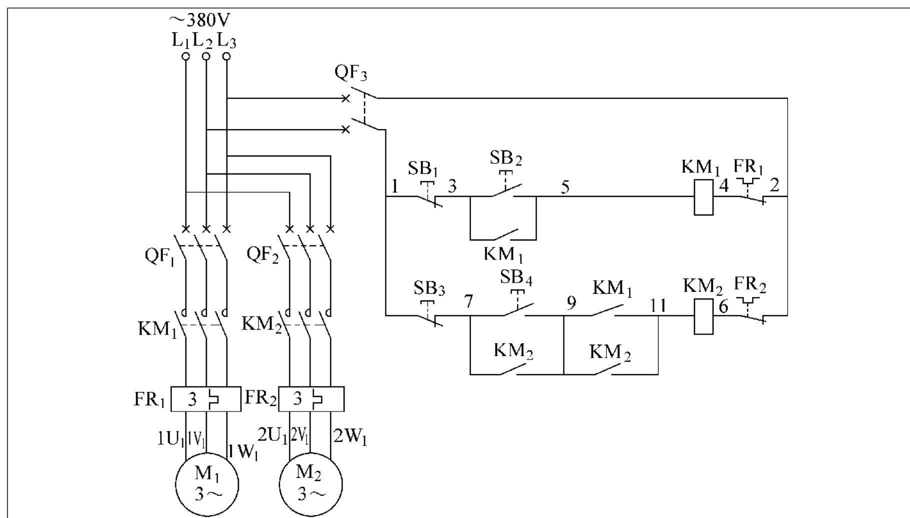


图 7-10　两台电动机顺序起动、任意停止控制电路（3）

例 99　两台传送带起动、停止控制电路（1）

1. 工作原理

两台传送带起动、停止控制电路（1）如图 7-11 所示。本电路的优点是：主回路工作时 KM_1先工作，KM_2再工作，也就是说，传送带电动机 M_1先工作后，传

送带电动机 M_2 才能工作，这样就能保证顺序动作的可靠性。本电路的两台传送带设计要求是：起动时先起动传送带电动机 M_1，经延时后再自动起动传送带电动机 M_2；而停止时则先停止传送带电动机 M_2，经延时后再自动停止传送带电动机 M_1。

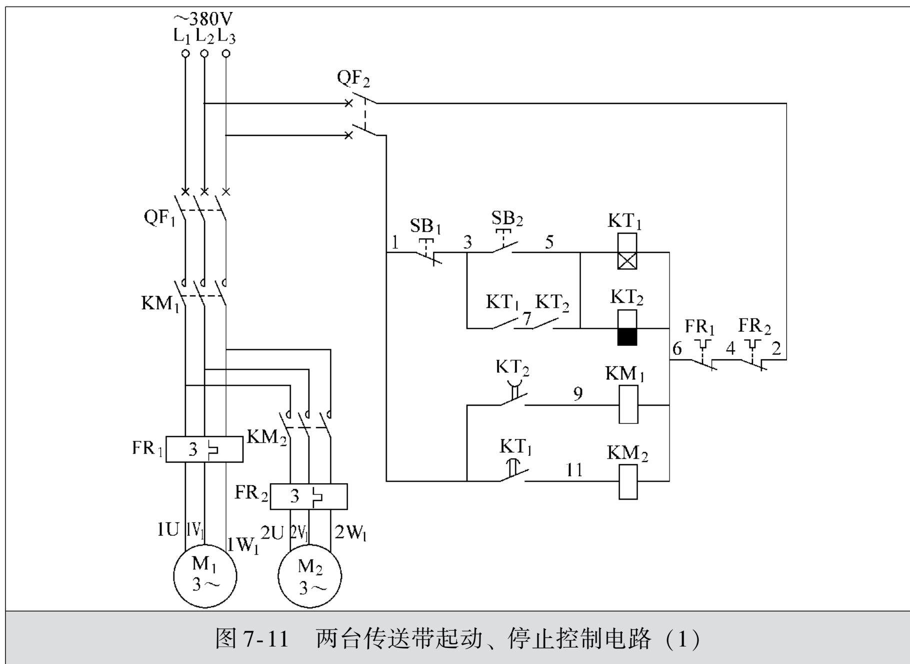


图 7-11　两台传送带起动、停止控制电路（1）

顺序起动时，按下起动按钮 SB_2（3－5），得电延时时间继电器 KT_1 和失电延时时间继电器 KT_2 线圈均得电吸合，且 KT_1、KT_2 的两组不延时瞬动常开触点（3－7、5－7）闭合串联自锁，KT_1 开始延时；KT_2 失电延时断开的常开触点（1－9）立即闭合，接通交流接触器 KM_1 线圈的回路电源，KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，传送带电动机 M_1 先得电起动运转。经 KT_1 一段延时后，KT_1 得电延时闭合的常开触点（1－11）闭合，接通交流接触器 KM_2 线圈的回路电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，传送带电动机 M_2 也得电起动运转，从而完成起动时先起动传送带电动机 M_1，再自动起动传送带电动机 M_2，从前向后顺序进行起动控制。

逆序停止时，按下停止按钮 SB_1（1－3），得电延时时间继电器 KT_1 和失电延时时间继电器 KT_2 线圈均断电释放且 KT_2 开始延时。同时，KT_1 得电延时闭合的常开触点（1－11）断开，切断了交流接触器 KM_2 线圈的回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，传送带电动机 M_2 先失电停止运转。经 KT_2 一段延时后，KT_2 失电延时断开的常开触点（1－9）断开，切断交流接触器 KM_1 线圈的回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，传送带电动机 M_1 也随后失电停止运转，从而完成停止时先停止传送带电动机 M_2，再自动停止传送带电动机 M_1，从后向前逆序进行停止控制。

2. 现场接线

两台传送带起动、停止控制电路（1）现场接线如图 7-12 所示。

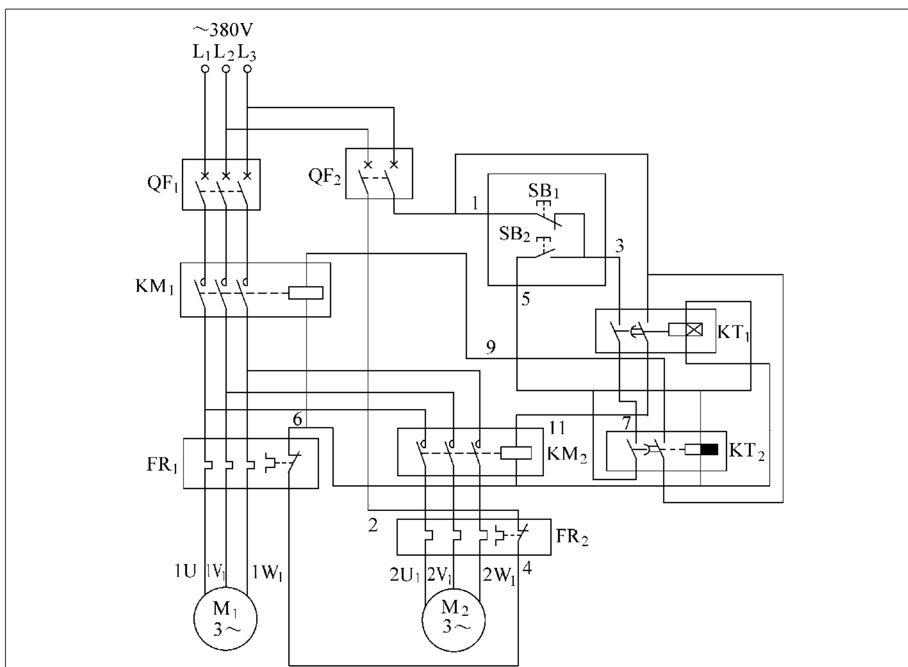


图 7-12　两台传送带起动、停止控制电路（1）现场接线

例 100　两台传送带起动、停止控制电路（2）

1. 工作原理

两台传送带起动、停止控制电路（2）如图 7-13 所示。本电路中，两台传送带在起动时从前向后顺序起动，在停止时则从后向前逆序停止。

顺序起动时，按下起动按钮 SB_1(1－3)，得电延时时间继电器 KT_1 和交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，且 KM_1 辅助常开触点（1－3）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，第一台传送带电动机 M_1 先得电起动。与此同时，KT_1 开始延时。经 KT_1 一段延时后，KT_1 得电延时闭合的常开触点（5－7）闭合，接通了交流接触器 KM_2 线圈的回路电源，KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（5－7）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，第二台传送带电动机 M_2 后得电起动。至此，完成从前向后自动顺序起动控制。

逆序停止时，按下停止按钮 SB_2(5－11)，得电延时时间继电器 KT_2 线圈得电吸合且 KT_2 不延时瞬动常开触点（5－11）闭合自锁，KT_2 不延时瞬动常闭触点(7－9)断开，切断了交流接触器 KM_2 线圈的回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，第二台传送带电动机 M_2 先失电停止运转。与此同时，KT_2 开始延时。经 KT_2 一段延时后，KT_2 得电延时断开的常闭触点（3－5）断开，切断了得电延时时间继电器 KT_1 和交流接触器 KM_1 线圈的回路电源，KT_1 和 KM_1 线圈断电释

放，KM_1三相主触点断开，第一台传送带电动机 M_1后失电停止运转。至此，完成从后向前自动逆序停止控制。

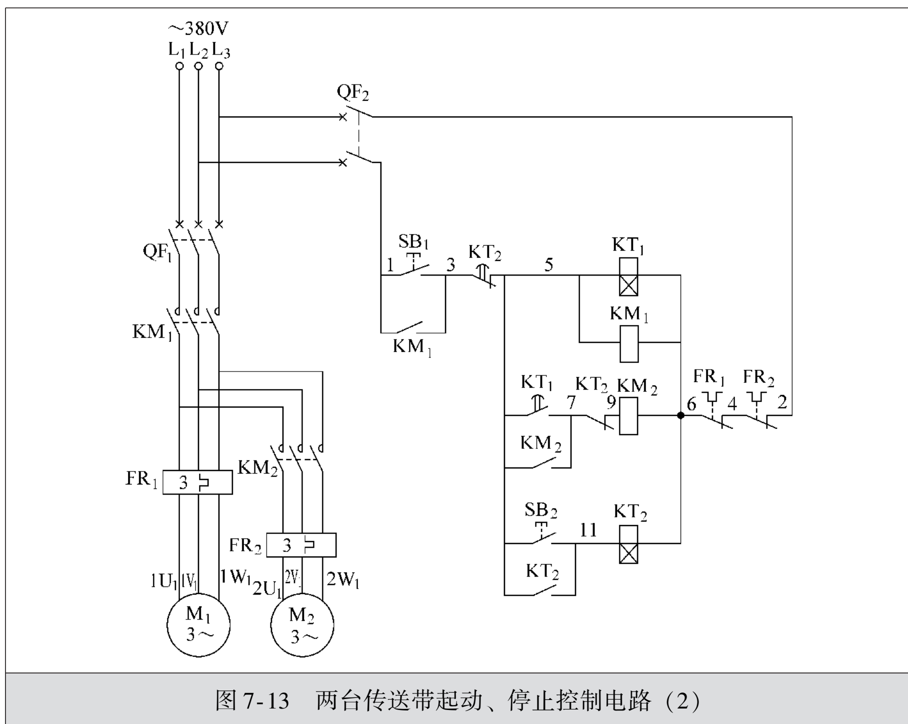


图 7-13　两台传送带起动、停止控制电路（2）

2. 现场接线

两台传送带起动、停止控制电路（2）现场接线如图 7-14 所示。

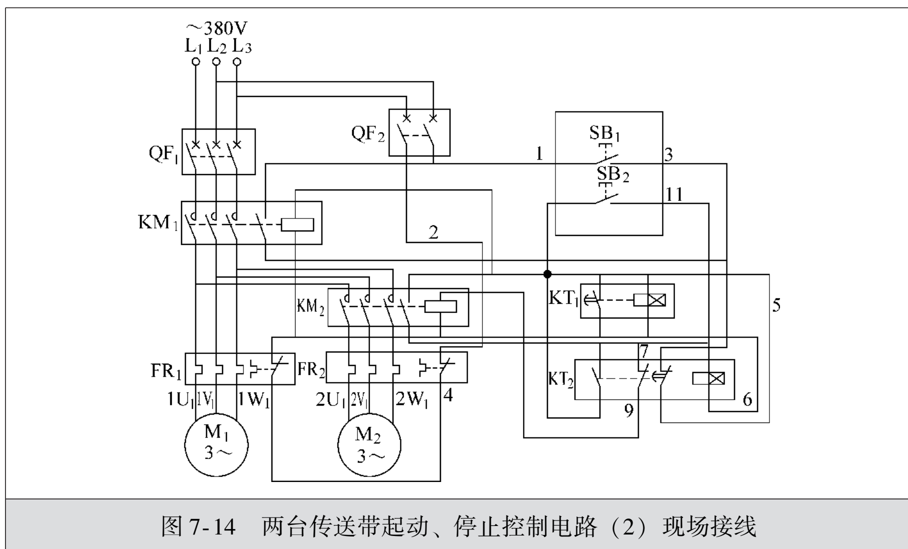


图 7-14　两台传送带起动、停止控制电路（2）现场接线

例 101　两台传送带起动、停止控制电路（3）

两台传送带起动、停止控制电路（3）如图 7-15 所示。

1. 顺序起动

按下起动按钮 SB_1（3－5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3－5）闭合自锁；此时得电延时时间继电器 KT_1 线圈也得电吸合且 KT_1 开始延时。KM_1 三相主触点闭合，第一台传送带电动机 M_1 先得电起动。经 KT_1 一段延时后，KT_1 得电延时闭合的常开触点（3－9）闭合，接通交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3－9）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，第二台传送带电动机 M_2 后得电也起动。与此同时，KM_2 辅助常闭触点（5－7）断开，切断得电延时时间继电器 KT_1 线圈回路电源，使 KT_1 线圈断电释放，为逆序停止做准备；KM_2 辅助常开触点（3－11）闭合，为逆序停止提供条件。至此，完成从前向后顺序逐台自动起动控制。



图 7-15　两台传送带起动、停止控制电路（3）

2. 逆序停止

按下停止按钮 SB_2（11－13），得电延时时间继电器 KT_2 线圈得电吸合且 KT_2 不延时瞬动常开触点（3－13）闭合自锁，KT_2 开始延时。同时，KT_2 不延时瞬动常闭触点（6－8）断开，切断交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，第二台传送带电动机 M_2 先失电停止运转。经 KT_2 一段延时后，KT_2 得电延时断开的常闭触点（1－3）断开，切断交流接触器 KM_1 和得电延时时间继电器 KT_2 线圈回路电源，KM_1 和 KT_2 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，第一

台传送带电动机 M_1 后失电停止运转。同时，KT_2 所有触点恢复原始状态，为重新顺序起动提供条件。至此，完成从后向前逆序逐台自动停止控制。

例 102　用一只得电延时时间继电器完成两台电动机自动顺序起动、顺序停止控制电路（1）

本电路的巧妙之处是仅用一只得电延时时间继电器就可实现两台电动机自动顺序起动、顺序停止的控制，如图 7-16 所示。

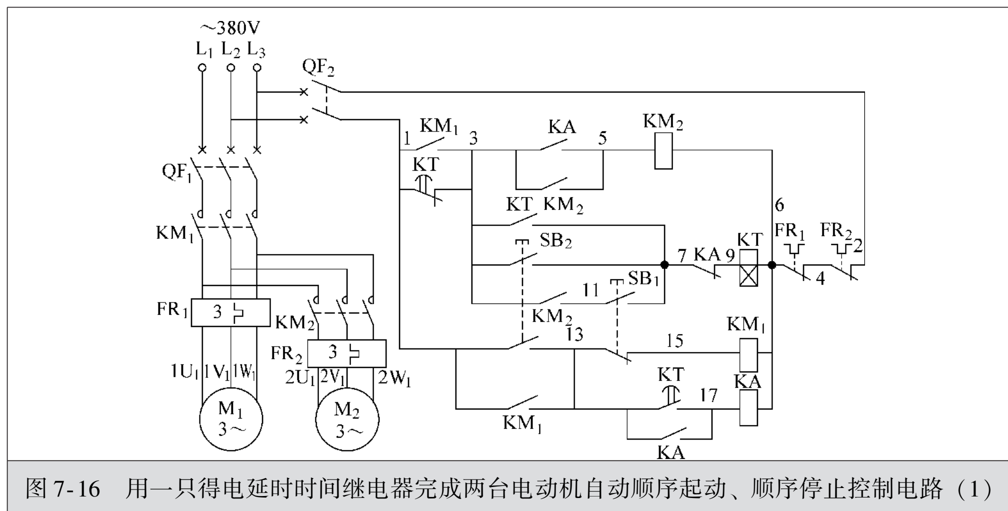


图 7-16　用一只得电延时时间继电器完成两台电动机自动顺序起动、顺序停止控制电路（1）

1. 顺序起动

按下起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常开触点（1－13）闭合，接通交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（1－13）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 先得电起动；在 KM_1 线圈得电吸合的同时，KM_1 并联在得电延时时间继电器 KT 的得电延时断开的常闭触点（1－3）上的辅助常开触点（1－3）闭合，保证在顺序起动时 KT 的这组得电延时断开的常闭触点（1－3）即使是断开时也不会切断控制回路电源，而在顺序停止时，此 KT 常闭触点（1－3）才会起作用。在按下 SB_2 的同时，SB_2 的另一组常开触点（3－7）闭合，使得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KT 不延时瞬动常开触点（3－7）闭合自锁，同时 KT 开始延时。经 KT 一段延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（1－3）断开，但由于此 KT 触点上并联了一组 KM_1 辅助常开触点（早已闭合），将 KT 常闭触点短接了起来，所以 KT 此常闭触点暂时无效；同时 KT 得电延时闭合的常开触点（13－17）闭合，接通了中间继电器 KA 线圈回路电源，KA 线圈得电吸合且 KA 常开触点（13－17）闭合自锁，KA 的一组常闭触点（7－9）断开，切断得电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KT 线圈断电释放，KT 所有触点恢复原始状态，为停止时做准备；KA 的另一组常开触点（3－5）闭合，使交流接触器 KM_2 线圈得电吸

合且 KM_2 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 也得电起动了。在 KM_2 线圈得电吸合的同时，KM_2 串联在停止按钮 SB_1（7－11）回路中的常开触点（3－11）闭合，为停止时接通操作回路做准备。至此，完成了两台电动机自动从前向后顺序起动控制。

2. 顺序停止

当两台电动机自动顺序起动后，欲停止时，则按下停止按钮 SB_1，SB_1 的一组常闭触点（13－15）断开，切断了交流接触器 KM_1 和中间继电器 KA 线圈回路电源，KM_1、KA 线圈断电释放，KA 所有触点恢复原始状态，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电先停止运转；同时 KM_1 并联在得电延时断开的常闭触点（1－3）上的 KM_1 辅助常开触点（1－3）断开，解除对 KT 常闭触点的短接作用，为 KT 常闭触点在动作后能切断其控制电路做准备；SB_1 的另一组常开触点（7－11）闭合，使得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KT 不延时瞬动常开触点（3－7）闭合自锁，同时 KT 开始延时。经 KT 一段延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（1－3）断开，切断交流接触器 KM_2 和 KT 自身线圈回路电源，KM_2、KT 线圈断电释放，KT 得电延时闭合的常开触点（13－17）虽然闭合又立即断开，此触点在停止时虽然闭合但因 KM_1 回路断路而不起作用；此时 KM_3 三相主触点断开，电动机 M_2 失电停止运转了。至此，完成了两台电动机自动从前向后顺序停止控制。

注意：①在第一台电动机起动后，而第二台电动机未起动之前，需停止时，按停止按钮 SB_1 即可完成对电动机 M_1 的停止控制。②当两台电动机顺序起动完毕后，若想停止电动机 M_1 而电动机 M_2 仍继续工作不停时，轻轻按下停止按钮 SB_1 即可；若想再停止电动机 M_2 时，再将停止按钮 SB_1 按到底即可实现。

例 103　用一只得电延时时间继电器完成两台电动机自动顺序起动、顺序停止控制电路（2）

用一只得电延时时间继电器完成两台电动机自动顺序起动、顺序停止控制电路（2）如图 7-17 所示。

1. 顺序起动

按下起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常开触点（1－13）闭合，使交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（1－13）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电先起动；同时 KM_1 辅助常开触点（1－3）闭合，短接得电延时时间继电器 KT 的得电延时断开的常闭触点（1－3），使顺序起动时此回路保持畅通。SB_2 的另一组常开触点（3－7）闭合，使得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KT 不延时瞬动常开触点（3－7）闭合，KT 开始延时。经 KT 一段延时后，KT 的两组得电延时断开的常闭触点（1－3、7－9）均断开，为顺序起动切断 KT 线圈做准备。此时 KT 得电延时闭合的常开触点（3－5）闭合，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 后得电自

动起动；在 KM_2线圈得电吸合的同时，KM_2辅助常闭触点（7－9）断开，切断 KT 线圈回路电源，KT 线圈断电释放，KT 所有触点恢复原始状态。至此完成了两台电动机从前向后顺序自动起动控制。

2. 顺序停止

按下停止按钮 SB_1，SB_1的一组常闭触点（13－15）断开，切断了交流接触器 KM_1线圈回路电源，KM_1线圈断电释放，KM_1三相主触点断开，电动机 M_1失电先停止运转；同时 KM_1辅助常开触点（1－3）断开，解除对 KT 得电延时断开的常闭触点（1－3）的短接作用，为顺序停止做准备。SB_2的另一组常开触点（7－11）闭合，接通了得电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KT 线圈得电吸合且 KT 不延时瞬动常开触点（3－7）闭合自锁，KT 开始延时。经 KT 一段延时后，KT 的两组得电延时断开的常闭触点（1－3、7－9）均断开，切断交流接触器 KM_2和得电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KM_2、KT 线圈断电释放，KM_2三相主触点断开，电动机 M_2后失电自动停止；同时 KT 所有触点恢复原始状态。至此完成了两台电动机从前向后顺序自动停止控制。

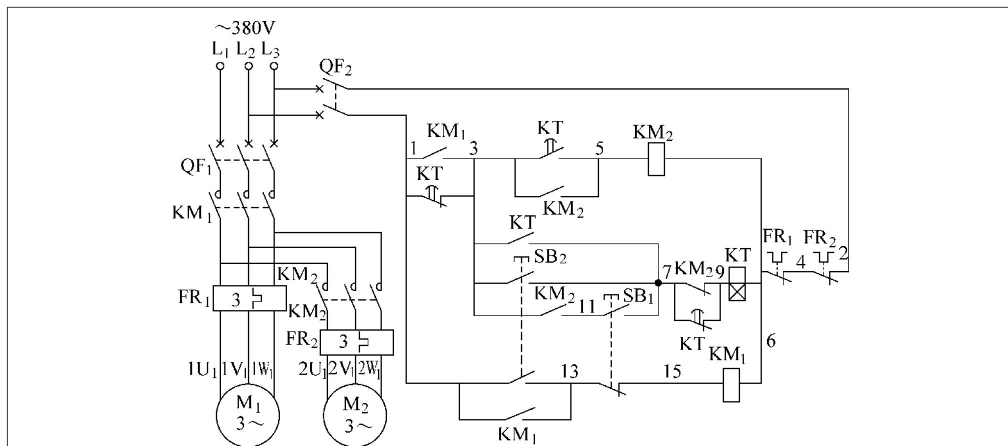


图 7-17　用一只得电延时时间继电器完成两台电动机自动顺序起动、顺序停止控制电路（2）

例 104　三台电动机顺序自动起动、顺序自动停止控制电路（1）

三台电动机顺序自动起动、顺序自动停止控制电路（1）如图 7-18 所示。

1. 顺序自动起动

按下起动按钮 SB_2（3－5），中间继电器 KA 线圈得电吸合且 KA 常开触点（3－5）闭合自锁，KA 常闭触点（1－11）断开，为顺序停止提供条件；KA 所有常开触点（1－9、15－17、17－19、21－23、23－25、27－29、29－31）均闭合，为顺序起动提供允许工作条件。此时，得电延时时间继电器 KT_1线圈得电吸合并开始

延时，KT_1不延时瞬动常闭触点（17－19）断开，KT_1不延时瞬动常开触点（1－15）闭合，交流接触器KM_1线圈先得电吸合且KM_1辅助常开触点（1－17）闭合自锁，KM_1三相主触点闭合，电动机M_1先得电起动了。

经KT_1延时后，KT_1得电延时断开的常闭触点（23－25）断开，此触点被KA常开触点（23－25）短接起来后在顺序起动时无效。KT_1的两组得电延时闭合的常开触点（7－13、1－21）均闭合，其中KT_1的一组得电延时闭合的常开触点(7－13)闭合，使得电延时时间继电器KT_2线圈得电吸合并开始延时；KT_1的另一组得电延时闭合的常开触点（1－21）闭合，使交流接触器KM_2线圈得电吸合且KM_2辅助常开触点（1－23）闭合自锁，KM_2三相主触点闭合，电动机M_2也得电起动了。

经KT_2一段延时后，KT_2得电延时断开的常闭触点（29－31）断开，此触点被KA常开触点（29－31）短接起来后在顺序起动时无效。KT_2得电延时闭合的常开触点（1－27）闭合，使交流接触器KM_3线圈得电吸合且KM_3辅助常开触点（1－29）闭合自锁，KM_3三相主触点闭合，电动机M_3最后一个得电起动了。

至此，完成三台电动机从前向后顺序自动起动控制。

2. 顺序自动停止

按下停止按钮SB_1，SB_1的一组常闭触点（1－3）断开，中间继电器KA线圈断电释放，KA所有触点恢复原始状态，为顺序停止做准备。此时得电延时时间继电器KT_1、KT_2线圈均断电释放后，KT_1线圈又重新得电吸合，KT_1不延时瞬动常开触点（17－19）断开，切断交流接触器KM_1线圈回路电源，KM_1线圈断电释放，KM_1三相主触点断开，电动机M_1先失电停止运转。

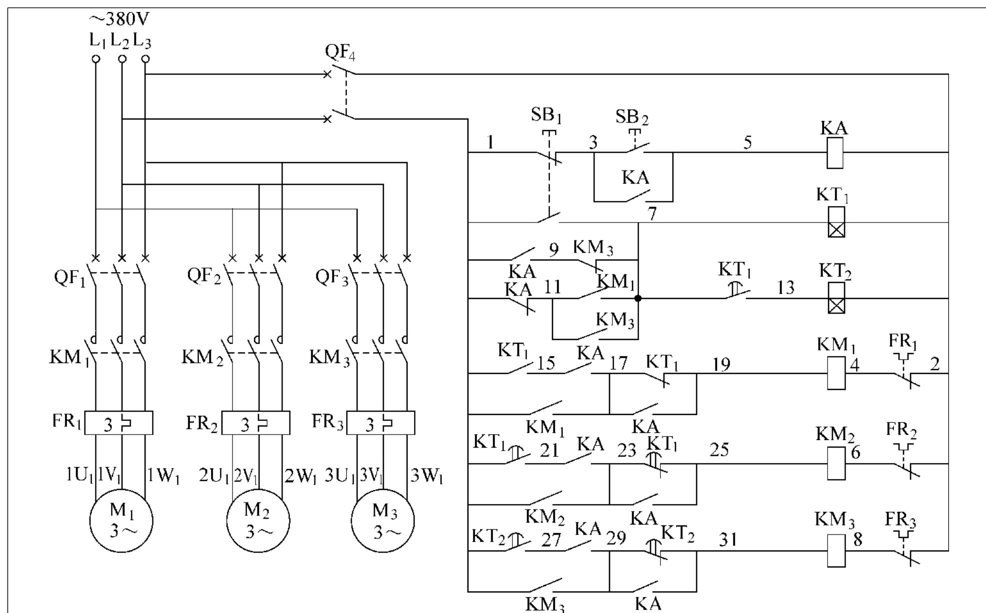


图7-18　三台电动机顺序自动起动、顺序自动停止控制电路（1）

经 KT_1 延时后，KT_1 得电延时断开的常闭触点（23－25）断开，切断了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 失电按顺序停止运转了。同时 KT_1 得电延时闭合的两组常开触点（7－13、1－21）均闭合，其中 KT_1（1－21）的这组触点在顺序停止时无效；KT_1 的另一组得电延时闭合的常开触点（7－13）闭合，接通了得电延时时间继电器 KT_2 线圈回路电源，KT_2 线圈得电吸合并开始延时。

经 KT_2 延时后，KT_2 得电延时闭合的常开触点（1－27）闭合无效；KT_2 得电延时断开的常闭触点（29－31）断开，切断了交流接触器 KM_3 线圈回路电源，KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，电动机 M_3 最后一个失电停止运转了。在 KM_3 线圈断电释放后，得电延时时间继电器 KT_1、KT_2 线圈均断电释放，其所有触点恢复原始状态。

至此，完成三台电动机从前向后顺序自动停止控制。

例 105　三台电动机顺序自动起动、顺序自动停止控制电路（2）

三台电动机顺序自动起动、顺序自动停止控制电路（2）如图 7-19 所示。

顺序自动起动时，按下起动按钮 SB_2，得电延时时间继电器 KT_1 和中间继电器 KA 线圈得电吸合并分别自锁，KA 常闭触点断开，KA 所有常开触点闭合，同时 KT_1 开始延时，KT_1 不延时瞬动常开触点（17－21）闭合，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 先得电起动。经 KT_1 一段时间延时后，KT_1 的一组得电延时闭合的常开触点（3－11）闭合，使得电延时时间继电器 KT_2 线圈得电吸合并开始延时。同时 KT_1 的另一组得电延时闭合的常开触点（21－23）闭合，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 也得电起动。经 KT_2 一段时间延时后，KT_2 得电延时闭合的常开触点（21－27）闭合，交流接触器 KM_3 线圈得电吸合且自锁，KM_3 三相主触点闭合，电动机 M_3 最后一个得电起动。与此同时，KT_2 得电延时断开的常闭触点（3－5）断开，KT_1、KT_2 线圈断电释放，KT_1、KT_2 所有的触点恢复原始状态。至此三台电动机从前向后顺序自动起动了。

顺序自动停止时，按下停止按钮 SB_1，首先中间继电器 KA 线圈断电释放，KA 所有触点恢复原始状态，为停止时提供条件。此时，得电延时时间继电器 KT_1 线圈得电吸合且自锁，KT_1 开始延时。在 KA 线圈断电释放后，KA 常开触点（17－19）断开，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电停止运转。经 KT_1 一段时间延时后，KT_1 得电延时断开的常闭触点（23－25）断开，交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 也失电停止运转。在 KT_1 得电延时闭合的常开触点（3－11）闭合后，得电延时时间继电器 KT_2 线圈得电吸合并开始延时。经 KT_2 一段时间延时后，KT_2 得电延时断开的常闭触点（27－29）断开，交流接触器 KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，电动机 M_3

最后一个失电停止运转。与此同时，KT_2得电延时断开的常闭触点（3－5）断开，KT_1、KT_2线圈断电释放，KT_1、KT_2所有的触点恢复原始状态。至此三台电动机从前向后顺序自动停止运转了。

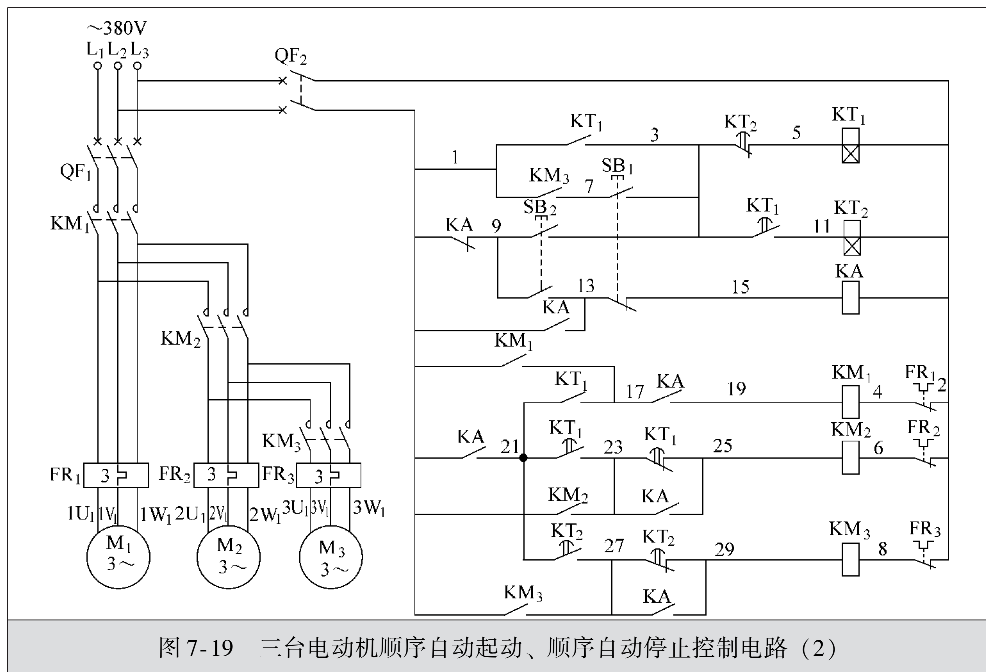


图 7-19　三台电动机顺序自动起动、顺序自动停止控制电路（2）

例 106　三台电动机顺序起动、逆序停止控制电路

起动时，先按下第一台电动机 M_1 起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电起动；同时 KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的辅助常开触点闭合，为顺序起动 KM_2 线圈做准备，如图 7-20 所示。

再按下第二台电动机 M_2 起动按钮 SB_4，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电起动；同时 KM_2 串联在 KM_3 线圈回路中的辅助常开触点闭合，为顺序起动 KM_3 线圈做准备；同时 KM_2 并联在第一台电动机 M_1 停止按钮 SB_1 上的辅助常开触点闭合，将限制 SB_1 的操作，为逆序停止做准备。

最后按下第三台电动机 M_3 起动按钮 SB_6，交流接触器 KM_3 线圈得电吸合且 KM_3 辅助常开触点闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，电动机 M_3 得电起动；同时 KM_3 并联在第二台电动机 M_2 停止按钮 SB_3 上的辅助常开触点闭合，将限制 SB_3 的操作，为逆序停止做准备。

至此完成三台电动机从前向后手动逐台顺序起动控制。

停止时，因停止按钮 SB_1 被 KM_2 辅助常开触点短接，只有 KM_2 线圈断电释放时，此常开触点断开，才能对停止按钮 SB_1 进行操作。而停止按钮 SB_3 则被 KM_3 辅助常开触点短接，只有 KM_3 线圈断电释放时，此常开触点断开，才能对停止按钮 SB_3 进行操作。从以上可以看出，只有停止按钮 SB_5 可以先操作，也就是说，停止时必须手动逆序逐台进行操作。

先按下第三台电动机 M_3 停止按钮 SB_5，交流接触器 KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，电动机 M_3 失电，第一个停止运转。同时 KM_3 并联在第二台电动机 M_2 停止按钮 SB_3 上的辅助常开触点断开，允许对第二台电动机 M_2 进行停止操作。

再按下第二台电动机 M_2 停止按钮 SB_3，交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 失电，第二个停止运转。同时 KM_2 并联在第一台电动机 M_1 停止按钮 SB_1 上的辅助常开触点断开，允许对第一台电动机 M_1 进行停止操作。

最后按下第一台电动机 M_1 停止按钮 SB_1，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电，第三个停止运转。

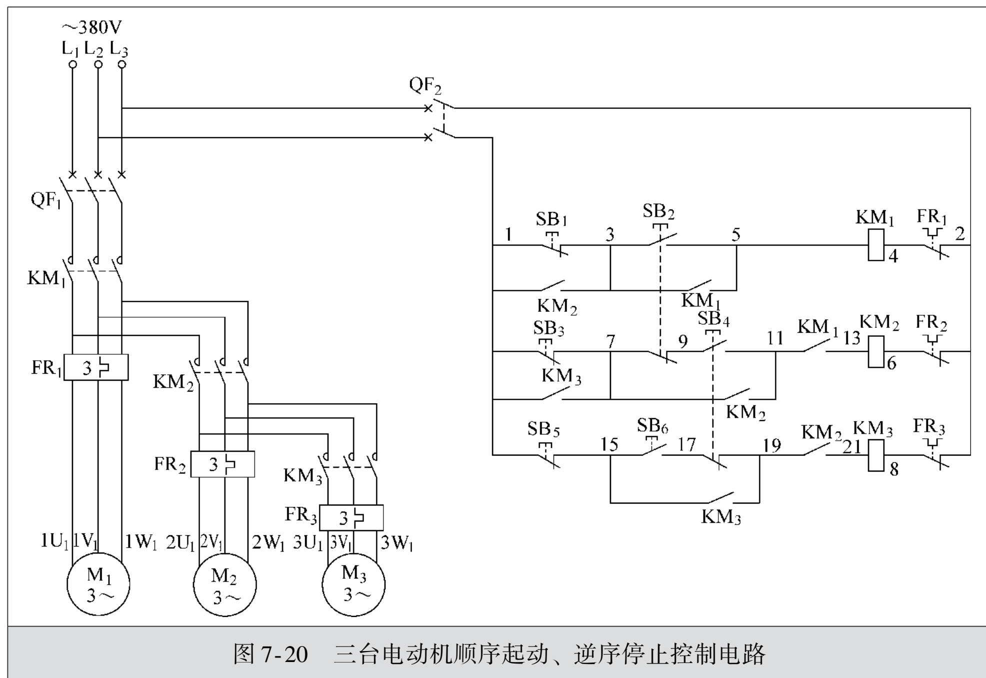


图 7-20　三台电动机顺序起动、逆序停止控制电路

至此，完成三台电动机从后向前逆序逐台手动停止控制。

例 107　三台电动机同时起动、停止时从前向后逐台自动停止控制电路

本电路中失电延时时间继电器 KT_2 的延时时间要比 KT_1 的延时时间长 1 倍，如

图 7-21 所示。

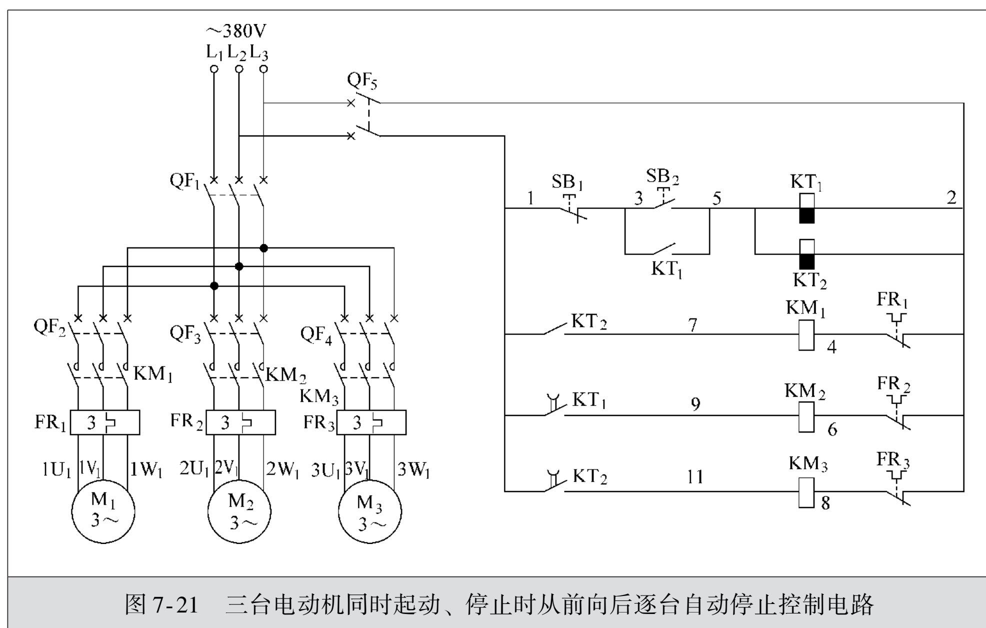


图 7-21　三台电动机同时起动、停止时从前向后逐台自动停止控制电路

起动时，按下起动按钮 SB_2(3－5)，失电延时时间继电器 KT_1、KT_2线圈同时得电吸合且 KT_1不延时瞬动常开触点（3－5）闭合自锁，KT_2不延时瞬动常开触点（1－7）闭合，交流接触器 KM_1线圈得电吸合，KM_1三相主触点闭合，电动机 M_1得电起动；同时 KT_1失电延时断开的常开触点（1－9）立即闭合，使交流接触器 KM_2线圈得电吸合，KM_2三相主触点闭合，电动机 M_2得电起动；同时 KT_2失电延时断开的常开触点（1－11）立即闭合，使交流接触器 KM_3线圈得电吸合，KM_3三相主触点闭合，电动机 M_3得电起动。至此三台电动机完成同时起动控制。

停止时，按下停止按钮 SB_1(1－3)，失电延时时间继电器 KT_1、KT_2线圈断电释放，KT_1、KT_2开始延时。首先 KT_2不延时瞬动常开触点（1－7）断开，切断交流接触器 KM_1线圈回路电源，KM_1线圈断电释放，KM_1三相主触点断开，电动机 M_1首先失电停止运转。经 KT_1一段延时后，KT_1失电延时断开的常开触点（1－9）断开，切断了交流接触器 KM_2线圈回路电源，KM_2线圈断电释放，KM_2三相主触点断开，电动机 M_2第二个失电停止运转。经 KT_2一段延时后，KT_2失电延时断开的常开触点（1－11）断开，切断了交流接触器 KM_3线圈回路电源，KM_3线圈断电释放，KM_3三相主触点断开，电动机 M_3最后一个失电停止运转。至此完成停止时从前向后逐台自动停止控制（注意，KT_2 的延时时间为 KT_1 的 1 倍）。

例 108　四台电动机顺序起动、逆序停止控制电路

四台电动机顺序起动、逆序停止控制电路如图 7-22 所示。

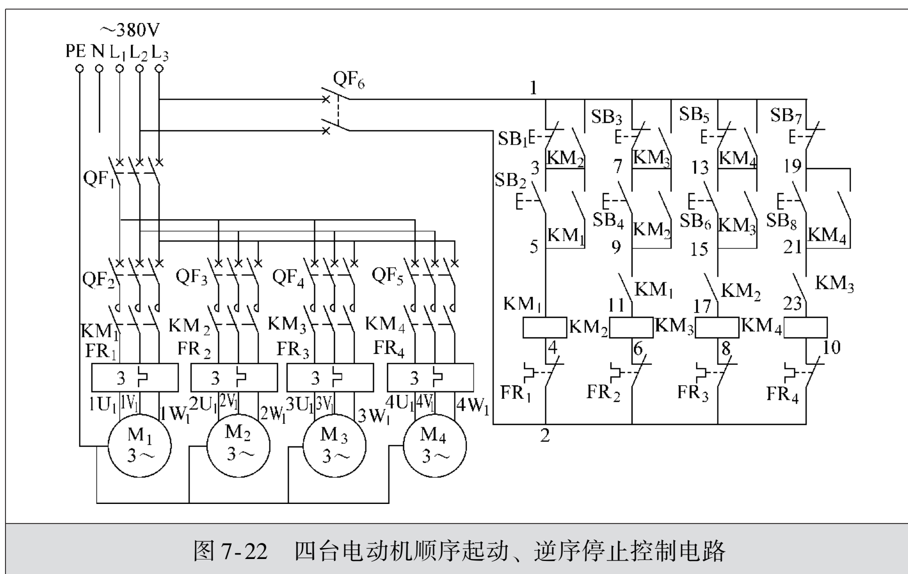


图 7-22　四台电动机顺序起动、逆序停止控制电路

1. 从前向后顺序起动

先按下电动机 M_1起动按钮 SB_2(3－5)，交流接触器 KM_1线圈得电吸合且 KM_1辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1三相主触点闭合，电动机 M_1起动；同时 KM_1串联在 KM_2线圈回路中的辅助常开触点（9－11）闭合，为 KM_2线圈工作做准备。

再按下电动机 M_2起动按钮 SB_4(7－9)，交流接触器 KM_2线圈得电吸合且 KM_2辅助常开触点（7－9）闭合自锁，KM_2三相主触点闭合，电动机 M_2顺序起动；同时 KM_2串联在 KM_3线圈回路中的辅助常开触点（15－17）闭合，为 KM_3线圈工作做准备；KM_2的另一组辅助常开触点（1－3）闭合，短接电动机 M_1停止按钮 SB_1(1－3)，使其不能进行电动机 M_1的停止操作。

再按下电动机 M_3起动按钮 SB_6(13－15)，交流接触器 KM_3线圈得电吸合且 KM_3辅助常开触点（13－15）闭合自锁，KM_3三相主触点闭合，电动机 M_3顺序起动；同时 KM_3串联在 KM_4线圈回路中的辅助常开触点（21－23）闭合，为 KM_4线圈工作做准备；KM_3的另一组辅助常开触点（1－7）闭合，短接电动机 M_2停止按钮 SB_3(1－7)，使其不能进行电动机 M_2的停止操作。

最后按下电动机 M_4起动按钮 SB_8(19－21)，交流接触器 KM_4线圈得电吸合且 KM_4辅助常开触点（19－21）闭合自锁，KM_4三相主触点闭合，电动机 M_4顺序起动；同时 KM_4辅助常开触点（1－13）闭合，短接电动机 M_3停止按钮 SB_5(1－13)，使其不能进行电动机 M_3的停止操作。

至此，四台电动机按 M_1、M_2、M_3、M_4的先后顺序逐台起动完毕。

2. 从后向前逆序停止

先按下电动机 M_4停止按钮 SB_7(1－19)，交流接触器 KM_4线圈断电释放，KM_4

三相主触点断开，电动机 M_4 先停止运转；同时 KM_4 并联在电动机 M_3 停止按钮 SB_5（1－13）上的辅助常开触点（1－13）断开，为再逆序停止电动机 M_3 做准备。

再按下电动机 M_3 停止按钮 SB_5（1－13），交流接触器 KM_3 线圈断电释放，KM_3 三相主触点断开，电动机 M_3 逆序退出运转；同时 KM_3 并联在电动机 M_2 停止按钮 SB_3（1－7）上的辅助常开触点（1－7）断开，为再逆序停止电动机 M_2 做准备。

再按下电动机 M_2 停止按钮 SB_3（1－7），交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点断开，电动机 M_2 逆序退出运转；同时 KM_2 并联在电动机 M_1 停止按钮 SB_1（1－3）上的辅助常开触点（1－3）断开，为再逆序停止电动机 M_1 做准备。

最后按下电动机 M_1 停止按钮 SB_1（1－3），交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 逆序退出运转。

至此，四台电动机按逆序 M_4、M_3、M_2、M_1 逐台进行停止完毕。

例 109　六台电动机逐台延时起动电路（1）

六台电动机逐台延时起动电路（1）如图 7-23 所示。

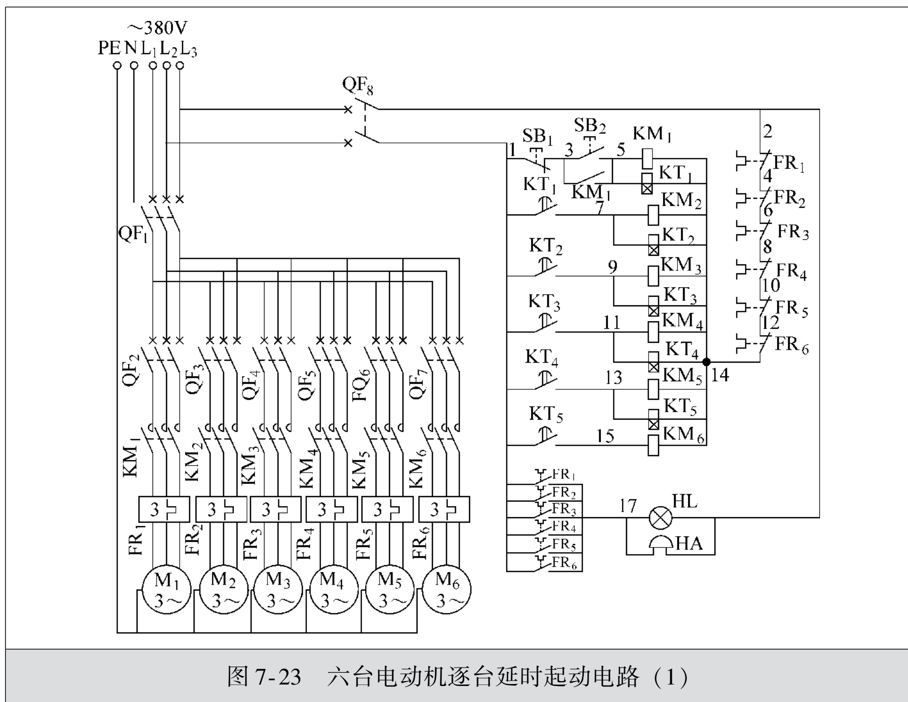


图 7-23　六台电动机逐台延时起动电路（1）

起动时，按下起动按钮 SB_2（3－5），交流接触器 KM_1、得电延时时间继电器 KT_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电运转工作，第一台电动机起动，同时 KT_1 开始延时。

经 KT_1 延时后，KT_1 得电延时闭合的常开触点（1－7）闭合，交流接触器

KM_2、得电延时时间继电器 KT_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 又得电运转工作，第二台电动机起动，同时 KT_2 开始延时。

经 KT_2 延时后，KT_2 得电延时闭合的常开触点（1－9）闭合，交流接触器 KM_3、得电延时时间继电器 KT_3 线圈得电吸合，KM_3 三相主触点闭合，电动机 M_3 又得电运转工作，第三台电动机起动，同时 KT_3 开始延时。

经 KT_3 延时后，KT_3 得电延时闭合的常开触点（1－11）闭合，交流接触器 KM_4、得电延时时间继电器 KT_4 线圈得电吸合，KM_4 三相主触点闭合，电动机 M_4 又得电运转工作，第四台电动机起动，同时 KT_4 开始延时。

经 KT_4 延时后，KT_4 得电延时闭合的常开触点（1－13）闭合，交流接触器 KM_5、得电延时时间继电器 KT_5 线圈得电吸合，KM_5 三相主触点闭合，电动机 M_5 也得电运转工作，第五台电动机起动，同时 KT_5 开始延时。

经 KT_5 延时后，KT_5 得电延时闭合的常开触点（1－15）闭合，交流接触器 KM_6 线圈得电吸合，KM_6 三相主触点闭合，电动机 M_6 也得电运转工作，第六台电动机起动。

至此六台电动机从前至后逐台延时起动结束。

停止时，按下停止按钮 SB_1（1－3），交流接触器 KM_1～KM_6、得电延时时间继电器 KT_1～KT_5 线圈均断电释放，KM_1～KM_6 各自的三相主触点断开，电动机 M_1～M_6 均失电停止运转。

当任何一台或多台电动机出现过载时，因其热继电器控制常闭触点 FR_1～FR_6（2－14）为串联，其中任何一个常闭触点断开，都会断开整个控制电路电源，起到过载保护作用。同时热继电器 FR_1～FR_6（1－17）常开触点为并联，其中任何一个常开触点闭合，都会使电铃 HA、指示灯 HL 回路接通，发出声光报警，提示相关人员电动机出现过载了。

若想重新起动电动机或解除声光报警，只需手动按下热继电器 FR_1～FR_6 的复位按钮，使其复位即可。

例 110　六台电动机逐台延时起动电路（2）

通常的延时起动电路离不开时间继电器，由于有些使用环境要求较高，只能使用 JSJ 型晶体管时间继电器，而且其价格高于气囊式时间继电器，所以对于多台电动机逐台延时起动来说，所增加时间继电器的数量较多，很不经济。现介绍一种仅用两只经改装的 JSJ 型时间继电器即可完成六台电动机逐台延时起动的电路，如图 7-24 所示。

从图 7-24 可以看出，两只时间继电器 KT_1、KT_2 组成了延时循环控制电路。再利用得电延时时间继电器 KT_1 的多组延时闭合、延时断开触点经巧妙组合完成。也就是说，起动时按下起动按钮 SB_2（3－5），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电起动，第

一台电动机起动。同时接通了得电延时时间继电器 KT_1 线圈回路电源，KT_1 线圈得电吸合，KT_1 开始延时，经 KT_1 延时后，KT_1 得电延时闭合的常开触点（9－11）闭合，接通了得电延时时间继电器 KT_2 线圈回路电源，KT_2 线圈得电吸合，KT_2 开始延时。在 KT_1 延时动作的同时，KT_1 所有的得电延时闭合常开触点闭合，KT_1 所有的得电延时断开常闭触点断开。尽管 KT_1 所有触点动作，这里只有 KT_1（1－13）闭合接通交流接触器 KM_2 线圈回路电源且 KM_2（1－13）自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机 M_2 得电运转，第二台电动机延时起动。经得电延时时间继电器 KT_2 延时后，KT_2 得电延时断开的常闭触点（7－9）断开，从而切断 KT_1、KT_2 线圈回路电源，KT_1、KT_2 线圈断电释放，KT_2 得电延时断开的常闭触点（7－9）恢复常闭状态，KT_1 线圈又重新得电吸合并开始延时。在 KT_1 延时期间，KT_1 得电延时断开的常闭触点（13－15）处于闭合状态，使交流接触器 KM_3 线圈得电吸合且 KM_3（13－15）闭合自锁，KM_3 三相主触点闭合，电动机 M_3 得电运转，第三台电动机延时起动。这样通过得电延时时间继电器 KT_1、KT_2 的不断循环通断，使 KT_1 的多组常开、常闭延时触点不断循环通断，使交流接触器 KM_4、KM_5、KM_6 线圈延时得电接通，从而完成电动机 M_4、M_5、M_6 的逐台延时起动，也就是将第四台、第五台、第六台电动机延时起动了。在电动机 M_6 运转后，其交流接触器 KM_6 辅助常闭触点（5－7）断开，切除得电延时时间继电器 KT_1、KT_2 线圈回路电源，使其退出运行。

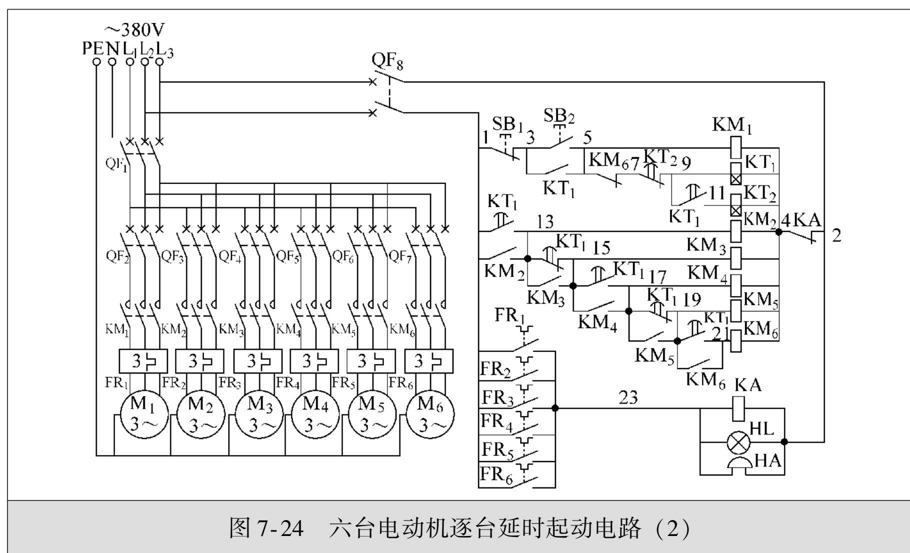


图 7-24　六台电动机逐台延时起动电路（2）

图 7-24 中，过载保护热继电器 FR_1 ~ FR_6 的控制触点采用常开触点并联，当任何一台电动机出现过载时，其热继电器控制常开触点闭合，中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 的常闭触点（2－4）断开，切断整个控制回路电源，起到过载保护作用，同时发出声光信号，以告知电动机出现过载。若想解除过载保护，人为手动将其复位即可。

例 111　六台电动机手动逐台顺序起动控制电路

如图 7-25 所示，起动时按下第一台电动机起动按钮 SB_2(3－5)，交流接触器 KM_1线圈得电吸合且 KM_1辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1三相主触点闭合，第一台电动机 M_1起动；在 KM_1线圈得电吸合的同时，指示灯 HL_1点亮，说明第一台电动机 M_1起动了。与此同时，交流接触器 KM_1串联在第二台电动机起动回路中的辅助常开触点（3－7）闭合，为第二台电动机起动做准备。

再按下第二台电动机起动按钮 SB_3(7－9)，交流接触器 KM_2线圈得电吸合且 KM_2辅助常开触点（3－9）闭合自锁，KM_2三相主触点闭合，第二台电动机 M_2起动；在 KM_2线圈得电吸合的同时，指示灯 HL_2点亮，说明第二台电动机 M_2也起动了。与此同时，交流接触器 KM_2串联在第三台电动机起动回路中的辅助常开触点（3－11）闭合，为第三台电动机起动做准备。

再按下第三台电动机起动按钮 SB_4(11－13)，交流接触器 KM_3线圈得电吸合且 KM_3辅助常开触点（3－13）闭合自锁，KM_3三相主触点闭合，第三台电动机 M_3起动；在 KM_3线圈得电吸合的同时，指示灯 HL_3点亮，说明第三台电动机 M_3也起动了。与此同时，交流接触器 KM_3串联在第四台电动机起动回路中的辅助常开触点（3－15）闭合，为第四台电动机起动做准备。

再按下第四台电动机起动按钮 SB_5(15－17)，交流接触器 KM_4线圈得电吸合且 KM_4辅助常开触点（3－17）闭合自锁，KM_4三相主触点闭合，第四台电动机 M_4起动；在 KM_4线圈得电吸合的同时，指示灯 HL_4点亮，说明第四台电动机 M_4也起动了。与此同时，交流接触器 KM_4串联在第五台电动机起动回路中的辅助常开触点（3－19）闭合，为第五台电动机起动做准备。

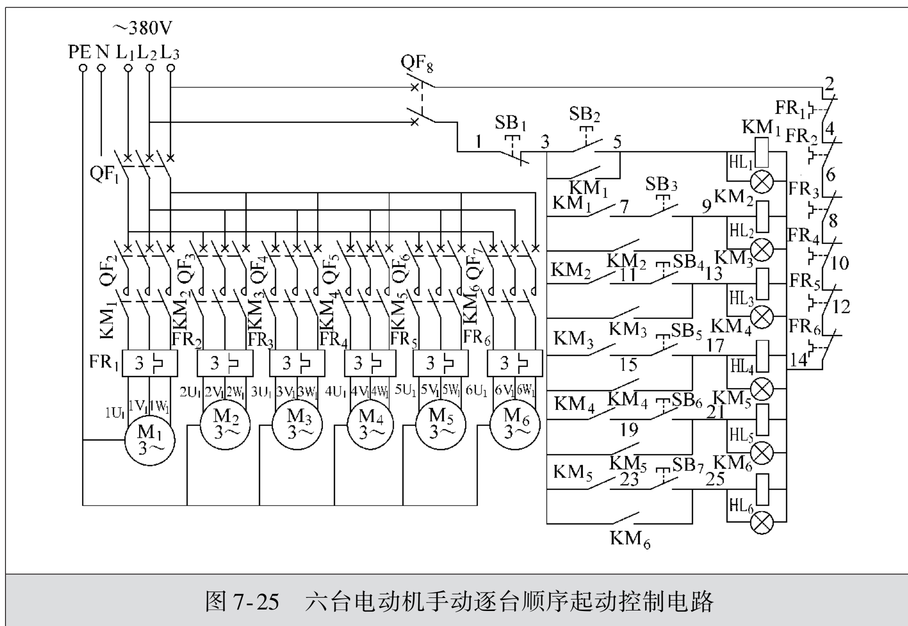


图 7-25　六台电动机手动逐台顺序起动控制电路

再按下第五台电动机起动按钮 SB_6(19－21)，交流接触器 KM_5线圈得电吸合且 KM_5辅助常开触点（3－21）闭合自锁，KM_5三相主触点闭合，第五台电动机 M_5起动；在 KM_5线圈得电吸合的同时，指示灯 HL_5点亮，说明第五台电动机 M_5也起动了。与此同时，交流接触器 KM_5串联在第六台电动机起动回路中的辅助常开触点(3－23）闭合，为第六台电动机起动做准备。

最后再按下第六台电动机起动按钮 SB_7(23－25)，交流接触器 KM_6线圈得电吸合且辅助常开触点（3－25）闭合自锁，KM_6三相主触点闭合，第六台电动机 M_6起动；在 KM_6线圈得电吸合的同时，指示灯 HL_6点亮，说明第六台电动机 M_6也起动了。

至此，六台电动机均分别手动顺序起动完毕，起动过程结束。

停止时，则按下停止按钮 SB_1(1－3)，其常闭触点切断了整个控制回路电源，从而使交流接触器 KM_1、KM_2、KM_3、KM_4、KM_5、KM_6线圈断电释放，其各自的三相主触点断开，电动机 M_1、M_2、M_3、M_4、M_5、M_6均失电停止运转；同时指示灯 HL_1、HL_2、HL_3、HL_4、HL_5、HL_6也失电熄灭。

电路中，过载保护热继电器 FR_1、FR_2、FR_3、FR_4、FR_5、FR_6其控制常闭触点全部串联起来，当任何一台电动机出现过载动作时，将切除整个控制回路电源，使六台电动机全部失电停止运转。

例112　一种控制主机、辅机起停的控制电路

许多生产设备有主机和辅机，但主机、辅机不采用同时起动、停止，而是采用主机、辅机分别起动、停止控制。当主机、辅机起动运转之后要停机时，操作者只停止主机却忘记停止辅机，造成大量电能的浪费。

这里介绍的电路是在开机时先起动辅机后起动主机，而在停机时只需停止主机，经过一段延时自动切断辅机（其延时时间可根据实际情况而定）。如果在停止主机后而没有超出切断辅机的设备延时时间内欲重新起动主机，仍可按动主机起动按钮使其运转工作。电路如图7-26所示。

起动时，先按下辅机（电动机 M_1）起动按钮 SB_2(3－5)，交流接触器 KM_1、得电延时时间继电器KT线圈得电吸合且 KM_1辅助常开触点（3－5）闭合，KM_1三相主触点闭合，辅机电动机 M_1得电起动。同时 KM_1辅助常开触点（1－11）闭合，为起动主机电动机 M_2控制电路做准备。KM_1辅助常闭触点（1－17）断开，KM_1辅助常开触点（1－19）闭合，指示灯 HL_1灭、HL_2亮，说明辅机电动机 M_1先起动。同时KT线圈开始延时，需注意的是，若 KM_1线圈得电吸合后，在KT的延时时间后未起动 KM_2，KT将会自动切断 KM_1线圈使其停止工作。再按下主机起动按钮 SB_4(13－15)，交流接触器 KM_2线圈得电吸合且 KM_2辅助常开触点（13－15）闭合自锁，KM_2三相主触点闭合，主机电动机 M_2得电起动，同时 KM_2辅助常闭触点(5－9)断开，切断了得电延时时间继电器KT线圈回路电源，使KT延时停止；KM_2辅助常闭触点（1－21）断开，KM_2辅助常开触点（1－23）闭合，指示灯 HL_3灭、HL_4亮，说明主机电动机 M_2已得电运转。至此完成先起动辅机后再起动主机。

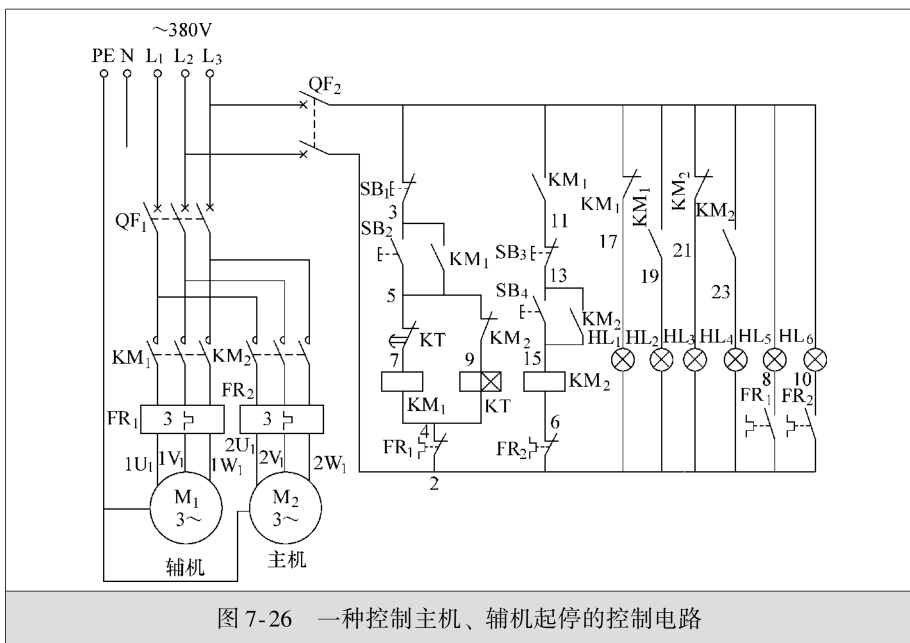


图7-26　一种控制主机、辅机起停的控制电路

因辅机操作按钮 SB_1、SB_2往往不是安装在主机操作台上，而是与辅机现场有一定距离，为此，操作者往往只就近操作主机停止按钮 SB_3，此时，交流接触器 KM_2线圈断电释放，KM_2三相主触点断开，主机电动机 M_2失电停止运转；KM_2的常闭触点（5－9）闭合，接通了得电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KT 线圈又重新得电吸合并延时，经 KT 延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（5－7）断开，切断了 KM_1线圈回路电源，KM_1线圈断电释放，KM_1三相主触点断开，辅机电动机 M_1失电停止运转，同时指示灯 HL_2灭、HL_1亮，说明辅机电动机 M_1已自动停止运转。至此完成主机停止后自动停止辅机。

电路中，辅机可自动进行停止操作，但工艺要求停止时必须先停止主机后方可停止辅机，这是主机停止后辅机操作开关距离主机操作台较远而不能手动关机的主要原因，所以采用上述延时电路，其延时时间一般整定为180s。

图7-26中，HL_5、HL_6为电动机 M_1、M_2过载指示灯，当过载时，则相应的指示灯点亮。

例113　主机、辅机单机/联机控制电路

有的设备主机、辅机在开机或停止时是有顺序要求的，即开机时，先起动辅机，再自动起动主机；而在停机时则相反，必须先停止主机后延时自动停止辅机。但根据工艺要求有时不需要联机，可单独对主机、辅机进行起停控制。图7-27所示电路就是根据以上要求设计的。

1. 手动起动辅机

将单机/联机选择开关 SA 置于单机位置，这样，中间继电器 KA 线圈不工作，其所有触点处于原始状态。此时，按下辅机起动按钮 SB_2(11－13)，辅机交流接触器 KM_1线圈得电吸合且 KM_1辅助常开触点（11－13）闭合自锁，KM_1三相主触点闭合，辅机电动机 M_1得电起动。同时 KM_1辅助常闭触点（15－23）断开，指示灯 HL_1灭，KM_1辅助常开触点（1－25）闭合，指示灯 HL_2亮，说明辅机电动机 M_1已起动了。

2. 手动停止辅机

欲停止辅机电动机，只需按下辅机停止按钮 SB_1(1－9)，交流接触器 KM_1线圈就会断电释放，其三相主触点断开，辅机电动机 M_1脱离三相交流电源而停止运转；同时 KM_1 辅助常开触点（15－25）断开，指示灯 HL_2 灭，KM_1 辅助常闭触点(15－23)闭合，指示灯 HL_1亮，说明辅机电动机 M_1已停止运转了。

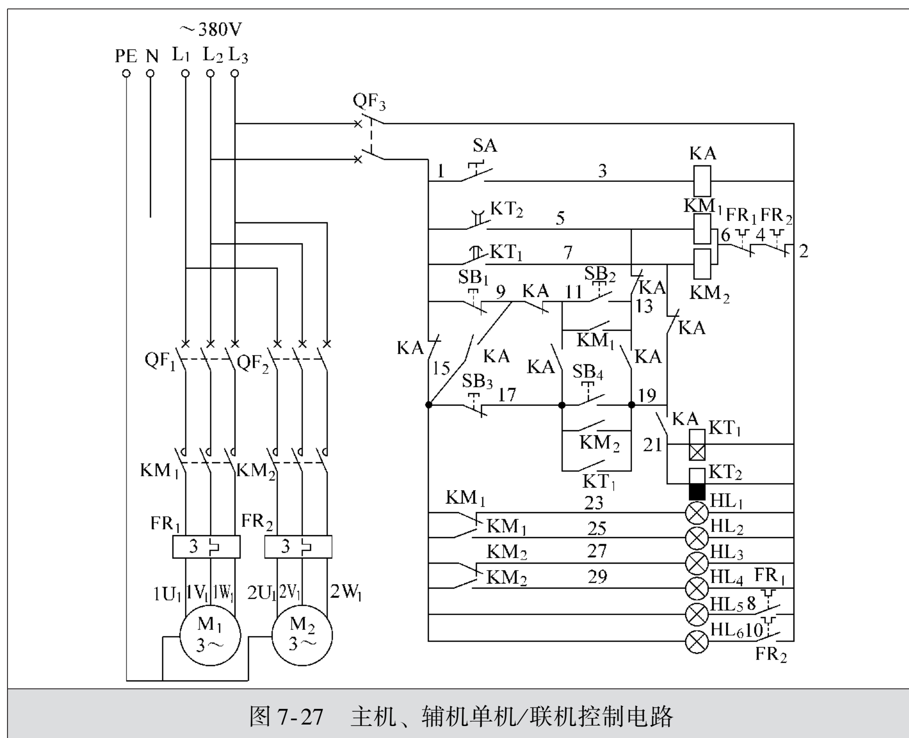


图 7-27　主机、辅机单机/联机控制电路

3. 手动起动主机

将单机/联机选择开关 SA 置于单机位置，这样，中间继电器 KA 线圈不工作，其所有触点处于原始状态。此时按下主机起动按钮 SB_4(17－19)，主机交流接触器 KM_2线圈得电吸合且 KM_2辅助常开触点（17－19）闭合自锁，KM_2三相主触点闭合，主机电动机 M_2得电起动。同时，KM_2辅助常闭触点（15－27）断开，指示灯 HL_3灭，KM_2辅助常开触点（15－29）闭合，指示灯 HL_4亮，说明主机电动机 M_2已

起动了。

4. 手动停止主机

欲停止主机电动机，只需按下主机停止按钮 SB_3（15－17）即可。那么交流接触器 KM_2线圈就会断电释放，其三相主触点断开，主机电动机 M_2脱离三相交流电源而停止运转，同时 KM_2辅助常开触点（15－29）断开，指示灯 HL_4灭，KM_2辅助常闭触点（15－27）闭合，指示灯 HL_3亮，说明主机电动机 M_2已停止运转了。

5. 联机自动控制

首先将单机/联机选择开关 SA 置于联机位置，中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 所有常闭触点（1－15、9－11、5－13、7－19）全部断开，KA 所有常开触点（9－15、11－17、13－19、19－21）全部闭合，为联机自动顺序起动和自动逆序停止做准备。此时，按下任何一只（主机或辅机起动按钮 SB_2、SB_4）起动按钮 SB_2（11－13）或 SB_4（17－19），得电延时时间继电器 KT_1、失电延时时间继电器 KT_2线圈同时得电吸合且 KT_1瞬动常开触点（17－19）闭合自锁，KT_2失电延时断开的常开触点（1－5）立即闭合，接通了辅机交流接触器 KM_1线圈回路电源，使 KM_1线圈得电吸合，其三相主触点闭合，辅机电动机 M_1得电先起动了；同时 KM_1辅助常闭触点（15－23）断开，指示灯 HL_1灭，KM_1辅助常开触点（15－25）闭合，指示灯 HL_2亮，说明辅机电动机 M_1已起动了。与此同时，得电延时时间继电器 KT_1开始延时。经 KT_1一段延时后，KT_1得电延时闭合的常开触点（1－7）闭合，将主机交流接触器 KM_2线圈回路接通，KM_2线圈得电吸合，KM_2三相主触点闭合，主机电动机 M_2得电起动了；同时 KM_2辅助常闭触点（15－27）断开，指示灯 HL_3灭，KM_2辅助常开触点（15－29）闭合，指示灯 HL_4亮，说明主机电动机 M_2起动了。至此完成联机自动顺序延时起动控制，即先起动辅机电动机 M_1、再延时起动主机电动机 M_2。

停止时，按下任何一只停止按钮 SB_1（1－9）、SB_3（15－17），由于中间继电器 KA 常开触点（9－15）的作用将两只停止按钮串联了起来，此时，得电延时时间继电器 KT_1、失电延时时间继电器 KT_2线圈断电释放，KT_1得电延时闭合的常开触点（1－7）断开，切断了主机交流接触器 KM_2线圈回路电源，KM_2线圈断电释放，KM_2三相主触点断开，主机电动机 M_2失电停止运转；同时 KM_2辅助常开触点（15－29）断开，指示灯 HL_4灭，KM_2辅助常闭触点（15－27）闭合，指示灯 HL_3亮，说明主机电动机 M_2已先停止运转了。与此同时，失电延时时间继电器 KT_2开始延时。经 KT_2延时后，KT_2失电延时断开的常开触点（1－5）断开，切断了辅机交流接触器 KM_1线圈回路电源，KM_1线圈断电释放，KM_1三相主触点断开，辅机电动机 M_1失电停止运转；同时 KM_1辅助常开触点（15－25）断开，指示灯 HL_2灭，KM_1辅助常闭触点（15－23）闭合，指示灯 HL_1亮，说明辅机电动机 M_1也随后停止运转了。至此，完成停止时逆序从后向前延时停机。即停止时先停止主机电动机 M_2，再延时自动停止辅机电动机 M_1。

图7-27 中，HL_1为电动机 M_1停止兼电源指示灯；HL_2为电动机 M_1运转指示

灯；HL_3为电动机 M_2停止兼电源指示灯；HL_4为电动机 M_2运转指示灯；HL_5为电动机 M_1过载指示灯；HL_6为电动机 M_2过载指示灯。

例 114　防止同时按下两只起动按钮的顺序起动、同时停止控制电路

通常的顺序起动、同时停止控制电路存在一个问题，那就是若同时按下两只起动按钮 SB_2、SB_3 时，往往出现两台电动机同时起动现象。

为解决此问题，本电路对通常的顺序起动、同时停止控制电路做一改进，如图 7-28 所示。

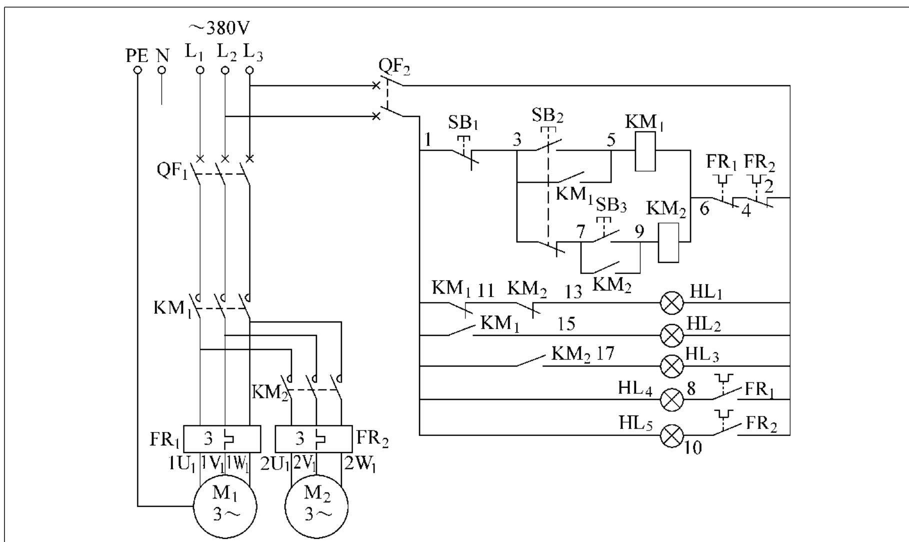


图 7-28　防止同时按下两只起动按钮的顺序起动、同时停止控制电路

从电路中可以看出，在主回路中必须先闭合 KM_1 后，KM_2 才会得电，这就是说主回路在顺序上已经确定出先起动电动机 M_1，后起动电动机 M_2。再从控制回路看，电动机 M_1 起动按钮 SB_2 的一组常闭触点（3－7）串联在电动机 M_2 控制交流接触器 KM_2 线圈回路中。也就是说，即使误按了电动机 M_2 起动按钮 SB_3(7－9)，交流接触器 KM_2 吸合并自锁（7－9），虽然 KM_2 三相主触点闭合，但由于 KM_1 主触点未闭合，电动机 M_2 也不会运转。按下电动机 M_1 起动按钮 SB_2 时，SB_2 的另一组常闭触点（3－7）首先断开 KM_2 线圈回路电源，使 KM_2 线圈断电释放，起到 KM_2 复位作用；在 KM_1 动作后，松开 SB_2 才能对 SB_3 进行操作。总之，起动时无论怎样操作，最终都是先起动电动机 M_1 后方可起动电动机 M_2。即使同时按下 SB_2、SB_3，SB_2 常闭触点也切断了 KM_2 线圈回路，结果仍为先起动 M_1，再起动 M_2。

停止时，按下停止按钮 SB_1(1－3)，交流接触器 KM_1、KM_2 线圈同时断电释放，KM_1、KM_2 各自的三相主触点均断开，电动机 M_1、M_2 同时失电停止运转。

例 115　效果理想的顺序自动控制电路

很多设备要求在起动时先起动辅机，再起动主机，而在停机时则相反，先停止主机，再停止辅机。

本电路为效果理想的顺序自动控制电路，如图 7-29 所示。

起动时，按下起动按钮 SB_2（3－5），得电延时时间继电器 KT_1 和失电延时时间继电器 KT_2线圈同时得电吸合且 KT_1不延时瞬动常开触点（3－5）闭合自锁，KT_1开始延时。此时，KT_2失电延时断开的常开触点（1－7）立即闭合，接通了交流接触器 KM_1线圈回路电源，交流接触器 KM_1线圈得电吸合，KM_1三相主触点闭合，辅机电动机 M_1得电运转工作；经得电延时时间继电器 KT_1一段延时后，KT_1得电延时闭合的常开触点（1－9）闭合，将交流接触器 KM_2线圈回路电源接通，KM_2三相主触点闭合，主机电动机 M_2得电运转工作。从而完成起动时先起动辅机 M_1，再延时自动起动主机 M_2。

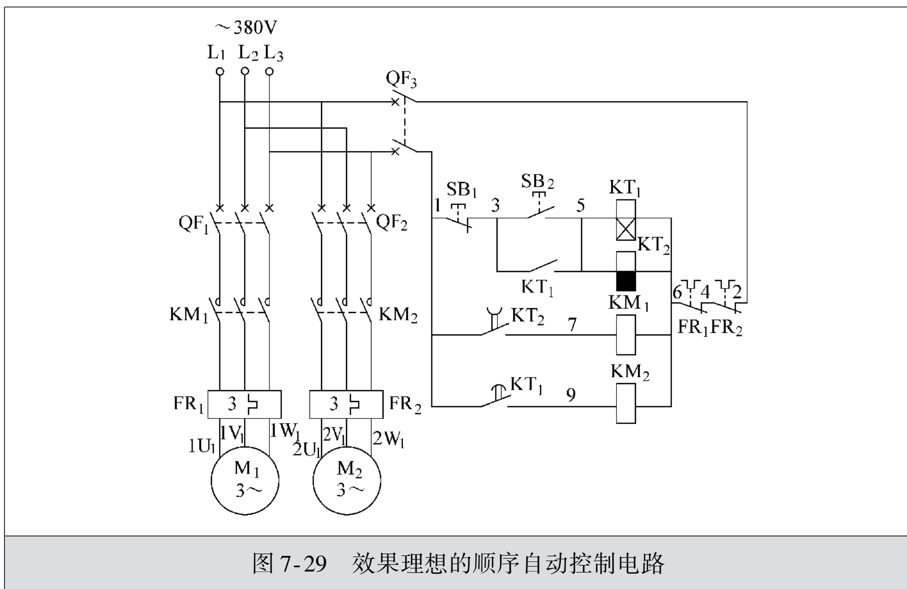


图 7-29　效果理想的顺序自动控制电路

停止时按下停止按钮 SB_1（1－3），得电延时时间继电器 KT_1、失电延时时间继电器 KT_2线圈均断电释放，且 KT_2开始延时，KT_1得电延时闭合的常开触点（1－9）断开，切断了交流接触器 KM_2线圈回路电源，KM_2线圈断电释放，KM_2三相主触点断开，主机电动机 M_2失电停止运转；经失电延时时间继电器 KT_2一段延时后，KT_2失电延时断开的常开触点（1－7）恢复常开，切断了交流接触器 KM_1线圈回路电源，KM_1线圈断电释放，KM_1三相主触点断开，辅机电动机 M_1失电停止运转。从而实现在停止时先停止主机后再延时自动停止辅机。

本电路设计巧妙、实用，非常适合具有上述要求的控制场合。

第8章　供排水及水位控制电路

例116　JYB714型电子式液位继电器供水电路

1. JYB714型电子式液位继电器单相供水电路

JYB714 型电子式液位继电器单相供水电路如图 8-1 所示。现场接线如图 8-2 所示。其中，1、8 接 220V 电源，2、3 接内部继电器常开触点，5 接高水位 H 电极，6 接中水位 M 电极，7 接低水位 L 电极。

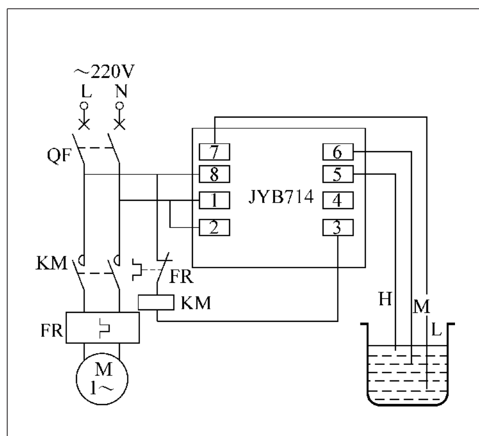


图 8-1　JYB714 型电子式液位继电器单相供水电路

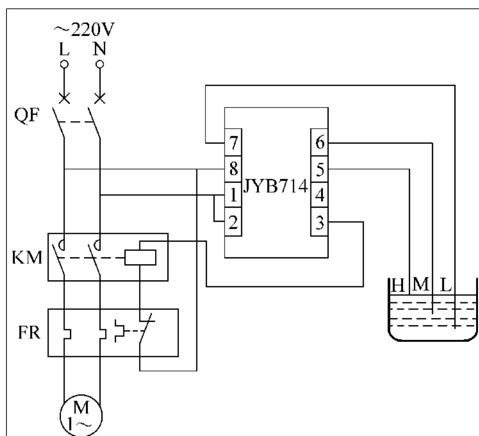


图 8-2　JYB714 型电子式液位继电器单相供水电路现场接线

2. JYB714型电子式液位继电器三相供水电路

JYB714 型电子式液位继电器三相供水电路如图 8-3 所示。现场接线如图 8-4 所示。其中，1、8 接 380V 电源，2、3 接内部继电器常开触点，5 接高水位 H 电极，6 接中水位 M 电极，7 接低水位 L 电极。

3. JYB714型电子式液位继电器单相排水电路

JYB714 型电子式液位继电器单相排水电路如图 8-5 所示。现场接线如图 8-6

所示。在不通电时，端子 3 和 4 为常闭，端子 2 和 3 为常开。其中，1、8 接 220V 电源，3、4 接内部继电器常闭触点，5 接高水位 H 电极，6 接中水位 M 电极，7 接低水位 L 电极。

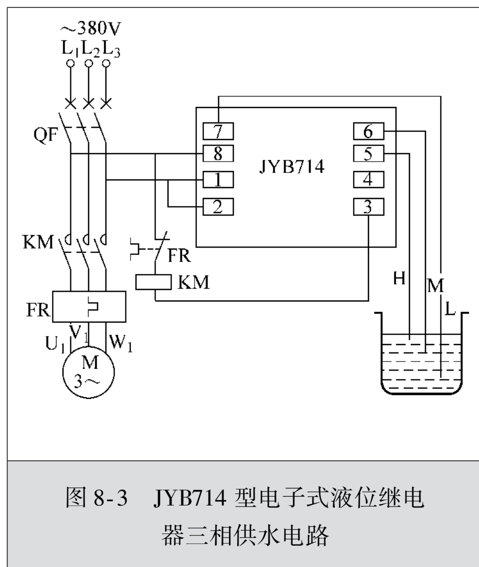


图 8-3　JYB714 型电子式液位继电器三相供水电路

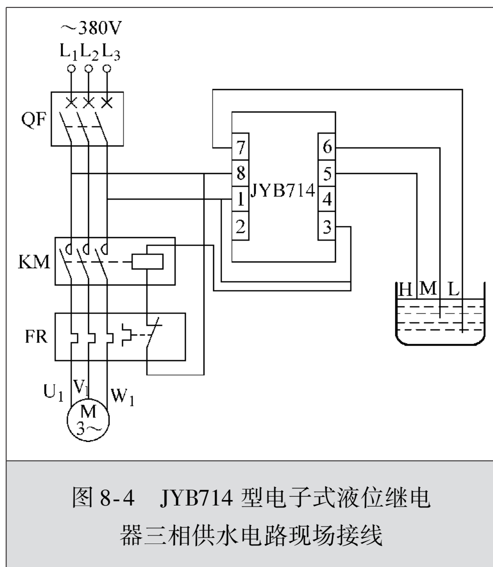


图 8-4　JYB714 型电子式液位继电器三相供水电路现场接线

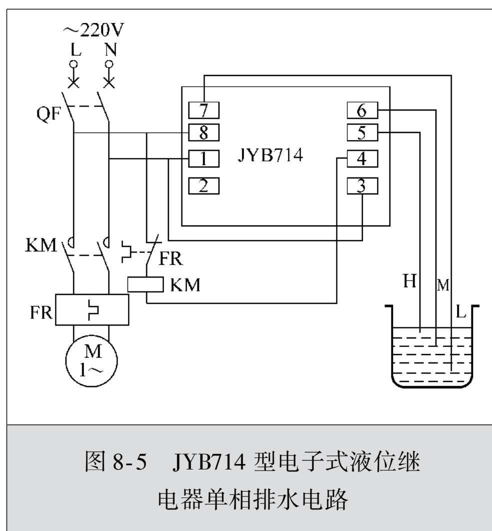


图 8-5　JYB714 型电子式液位继电器单相排水电路

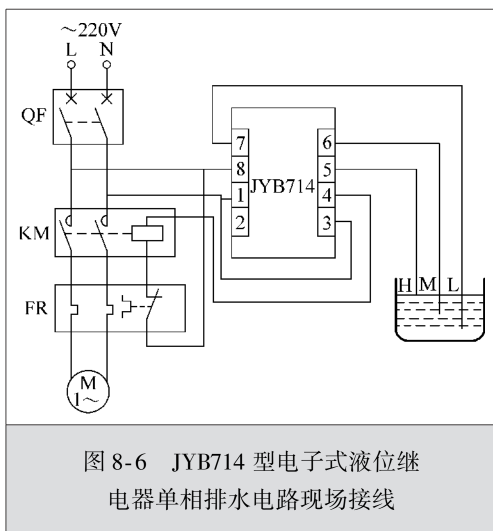


图 8-6　JYB714 型电子式液位继电器单相排水电路现场接线

4. JYB714 型电子式液位继电器三相排水电路

JYB714 型电子式液位继电器三相排水电路如图 8-7 所示。现场接线如图 8-8 所示。在不通电时，端子 3 和 4 为常闭，端子 2 和 3 为常开。其中，1、8 接 380V 电源，3、4 接内部继电器常闭触点，5 接高水位 H 电极，6 接中水位 M 电极，7 接

低水位 L 电极。

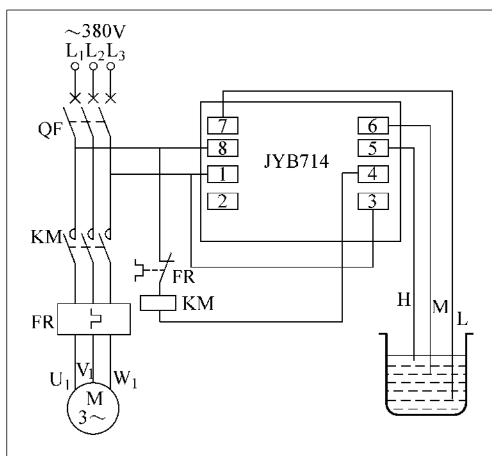


图 8-7　JYB714 型电子式液位继电器三相排水电路

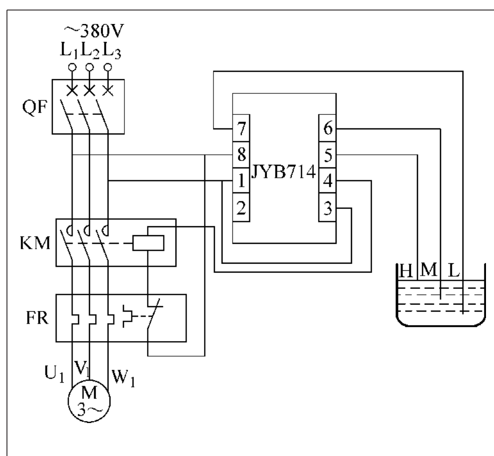


图 8-8　JYB714 型电子式液位继电器三相排水电路现场接线

例 117　用 JYB714 型电子式液位继电器控制排水泵手动/自动电路

1. 工作原理

（1）手动排水控制

手动排水时，则按下排水起动按钮 SB_2(1－5)，中间继电器 KA 线圈得电吸合且 KA 的一组常开触点（1－5）闭合自锁，同时指示灯 HL 亮，说明已进行手动排水操作了。在 KA 线圈吸合的同时，KA 的另外一组常开触点（1－3）也闭合，使交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作，拖动排水泵由水池向外排水。欲需停止时，则按下排水停止按钮 SB_1(5－7)，中间继电器 KA、交流接触器 KM 线圈均断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，排水泵停止排水，同时指示灯 HL 灭，说明手动排水操作结束了。从而实现手动排水控制。

（2）液位自动排水控制

当水池内的水升至高水位时，探头探测高水位信号，使 JYB714 型电子式液位继电器内部继电器线圈断电释放，内部继电器连至底座端子 3、4 上的常闭触点恢复常闭状态，接通了交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作，拖动排水泵由水池向外自动排水。当水池内水位降至低水位时，探头探测低水位信号，使 JYB714 型电子式液位继电器内部继电器线圈得电吸合，内部继电器连至底座端子 3、4 上的常闭触点断开，切断了交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电

停止运转，排水泵自动停止排水。从而实现自动排水控制。

2. 电气原理图

本电路的电气原理如图 8-9 所示。

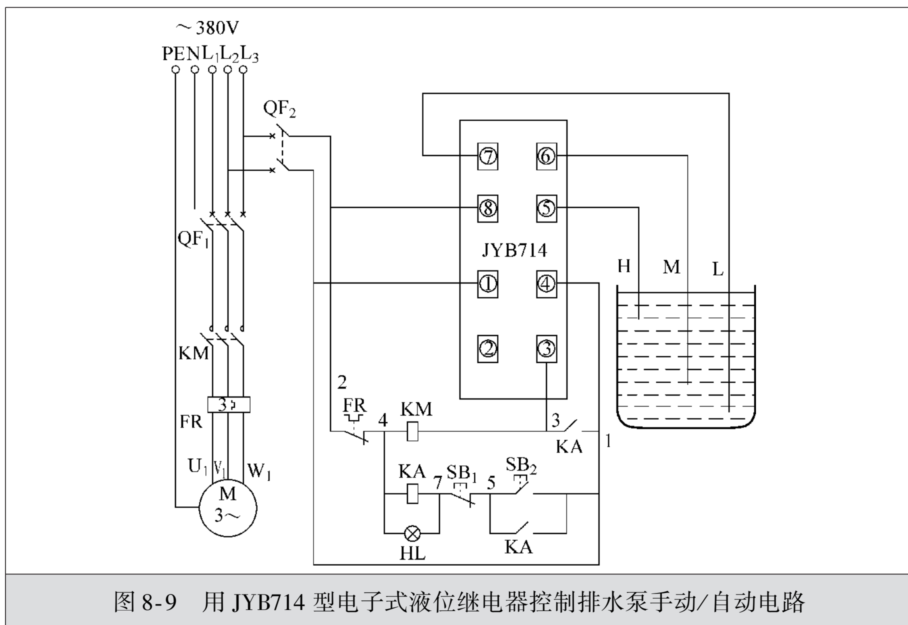


图 8-9　用 JYB714 型电子式液位继电器控制排水泵手动/自动电路

例 118　具有手动/自动控制功能的排水控制电路

1. 工作原理

本例采用 JYB714 型电子式液位继电器控制排水，具有手动/自动双重控制，电路如图 8-10 所示。

（1） 自动控制

将自动/手动选择开关 SA 置于自动位置时，SA(1 - 3) 闭合，利用 JYB714 型电子式液位继电器来进行自动控制。当水位升至高水位时，JYB714 型电子式液位继电器的内部继电器线圈断电释放，其端子 3、4 内部继电器常闭触点闭合，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转，水泵进行排水。

当液位降至低水位时，JYB714 型电子式液位继电器的内部继电器线圈得电吸合，其端子3、4 断开，切断交流接触器 KM 线圈电源，KM 线圈断电释放，水泵电动机失电而停止排水。至此，实现自动排水控制。

（2） 手动控制

将自动/手动选择开关 SA 置于手动位置时，SA(1 - 3) 断开、(1 - 5) 闭合，按下起动按钮 SB_2(7 - 9)，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 辅助常开触点

(7－9)闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转，水泵进行排水。

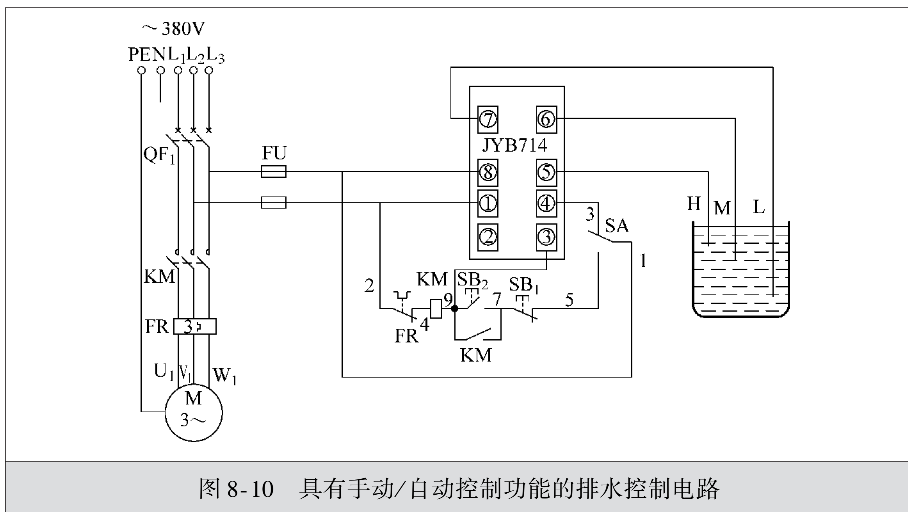


图 8-10　具有手动/自动控制功能的排水控制电路

需手动停止时，按下停止按钮 SB_1(5－7)，交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电而停止运转，水泵停止排水。

2. 现场接线

具有手动/自动控制功能的排水控制电路现场接线如图 8-11 所示。

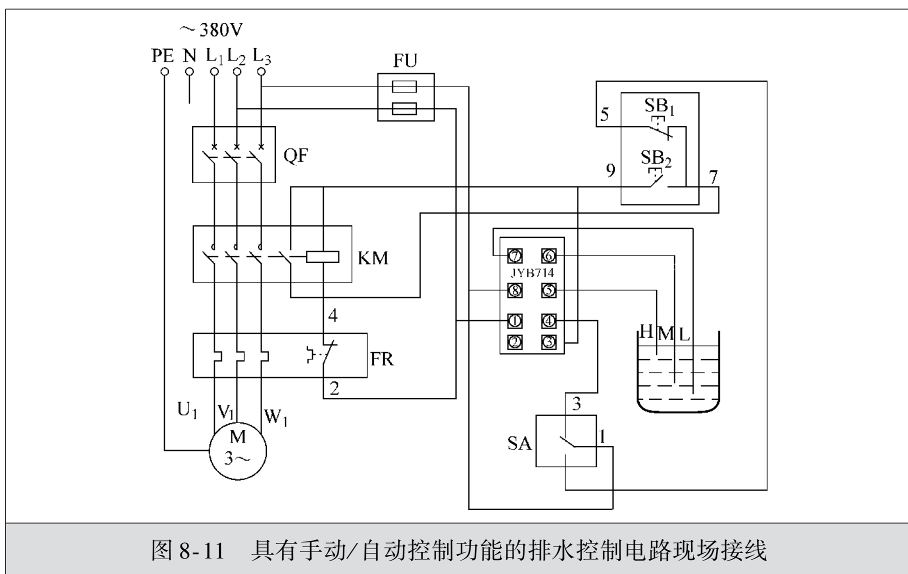


图 8-11　具有手动/自动控制功能的排水控制电路现场接线

例 119　具有手动操作定时、自动控制功能的排水控制电路

1. 工作原理

具有手动操作定时、自动控制功能的排水控制电路原理图如图 8-12 所示。

（1）自动控制

将手动/自动选择开关 SA 置于自动位置时，SA(1－3) 闭合，为自动控制做准备。

高水位时，液位继电器 JYB714 内部继电器线圈断电释放，内部常闭触点恢复常闭状态，端子 3、4 接通，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转，水泵进行排水。

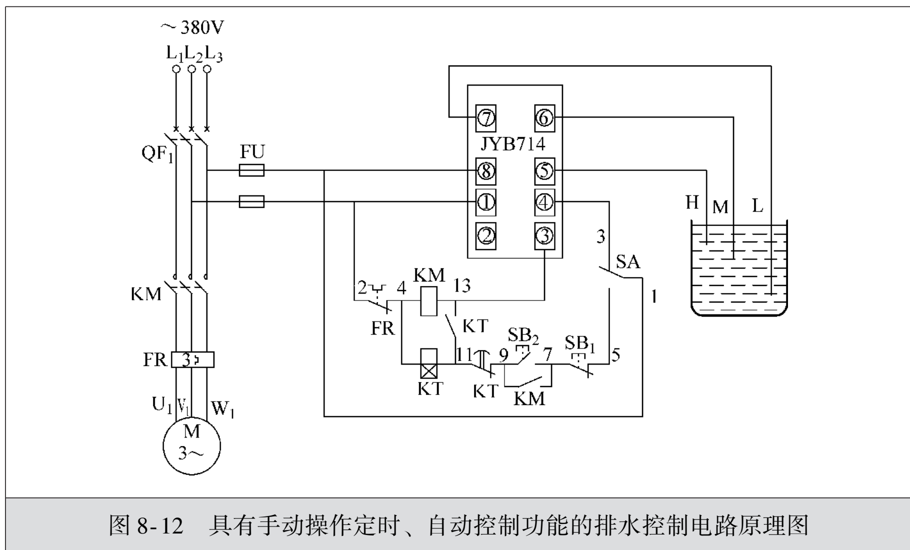


图 8-12　具有手动操作定时、自动控制功能的排水控制电路原理图

低水位时，JYB714 型电子式液位继电器内部继电器线圈得电吸合，内部常闭触点断开，切断交流接触器 KM 线圈电源，KM 三相主触点断开，电动机失电而停止运转，水泵停止排水。

（2）手动定时控制

将手动/自动选择开关 SA 置于手动位置时，SA(1－5) 闭合，为手动定时控制做准备。

按下起动按钮 SB_2(7－9)，得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KT 开始延时，KT 不延时瞬动常开触点（11－13）闭合，使交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 辅助常开触点（7－9）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转，水泵排水。

在 KT 延时时间内，若欲停止排水，则按下停止按钮 SB_1(5－7)，交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开。电动机失电而停止运转，水泵停止排水。经 KT 延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（9－11）断开，切断得电延时时间继电器 KT、交流接触器 KM 线圈电源，KT、KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电而停止运转，水泵停止排水。

2. 现场接线

具有手动操作定时、自动控制功能的排水控制电路现场接线如图 8-13 所示。

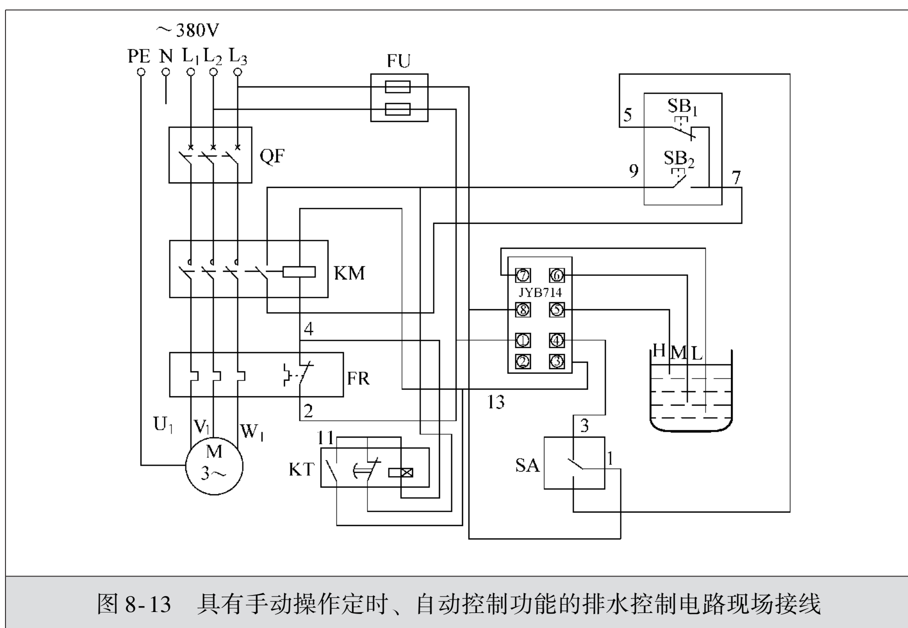


图 8-13 具有手动操作定时、自动控制功能的排水控制电路现场接线

例 120 供排水手动/定时控制电路

1. 工作原理

在众多的供排水控制电路中，通常都采用手动或液位自动控制。现在介绍一种供排水手动/定时控制电路，如图 8-14 所示。该电路的最大优点是每天可分多时段通断（一般为 10 个通断，因生产厂家不同，有的产品为 16 个通断），操作起来更人性化，通断时间可任意设置。

（1）手动控制

将手动/定时选择开关 SA 置于手动位置（1－3），按下起动按钮 SB_2（5－7），交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（5－7）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。

（2）定时自动控制

将自动/定时选择开关 SA 置于定时位置（1－9），并将时控开关 KG316T 按要求参照说明书设置好。到了定时开机时间时，时控开关 KG316T 内部继电器线圈吸合动作，接通进、出两端，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转工作；到了定时关机时间时，KG316T 内部继电器线圈断电释放，其触点断开进、出两端，从而切断了交流接触器 KM 线圈的回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

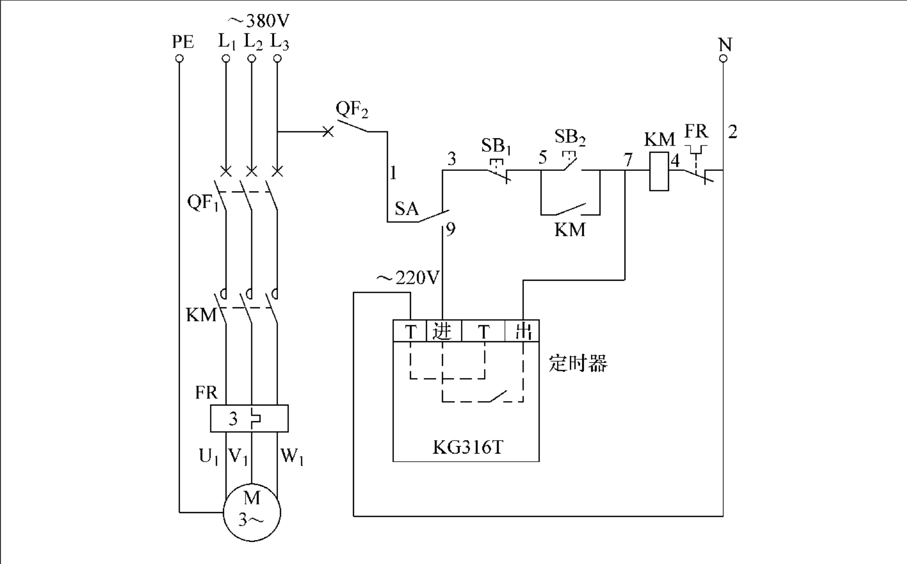


图 8-14 供排水手动/定时控制电路

2. 现场接线

供排水手动/定时控制电路现场接线如图 8-15 所示。

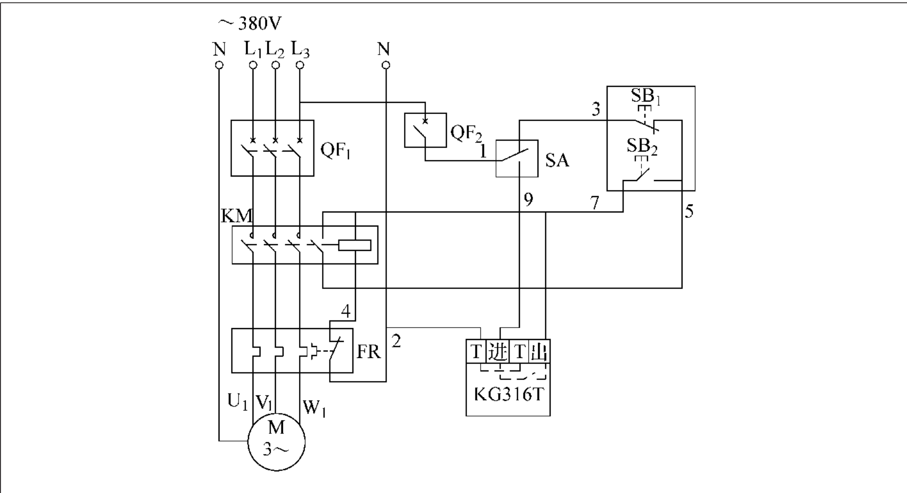


图 8-15 供排水手动/定时控制电路现场接线

例 121 供水泵手动/自动控制电路

1. 工作原理

供水泵手动/自动控制电路如图 8-16 所示。

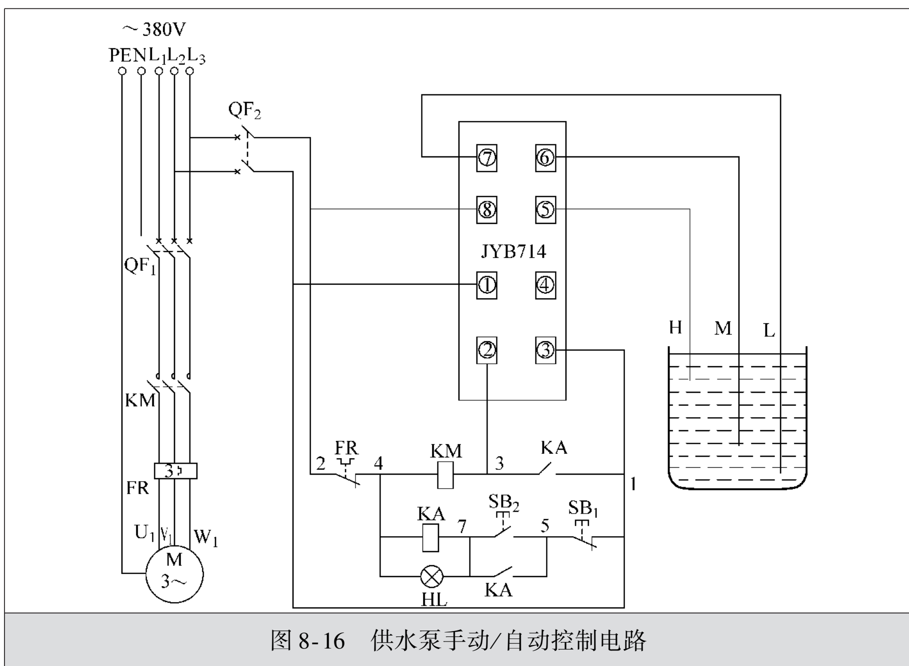


图 8-16　供水泵手动/自动控制电路

（1）自动控制

当水池水位低至中水位 M 以下时，JYB714 型电子式液位继电器内部继电器线圈吸合动作，其连至底座端子 2、3 上的常开触点闭合，接通交流接触器 KM 线圈的回路电源，KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，供水泵电动机得电运转，带动供水泵向水池内供水；当水池内水位升至高水位 H 时，JYB714 型电子式液位继电器内部继电器线圈断电释放，其连至底座端子 2、3 上的常开触点断开，切断交流接触器 KM 线圈的回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，供水泵电动机失电停止运转，供水泵停止向水池内供水，从而完成自动供水控制。

（2）手动控制

起动时按下起动按钮 SB_2(5－7)，中间继电器 KA 线圈得电吸合且 KA 的两组常开触点（5－7、1－3）闭合自锁，接通了交流接触器 KM 线圈的回路电源，KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，供水泵电动机得电运转，带动供水泵向水池内供水，同时指示灯 HL 亮，说明供水泵已运转工作了。停止时，则按下停止按钮 SB_1(1－5)，中间继电器 KA 线圈断电释放，KA 的两组常开触点（5－7、1－3）断开，切断交流接触器 KM 线圈的回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，供水泵电动机失电停止运转，供水泵停止向水池内供水，同时指示灯 HL 灭，说明供水泵已停止运转工作了，从而完成手动供水控制。

2. 现场接线

供水泵手动/自动控制电路现场接线如图 8-17 所示。

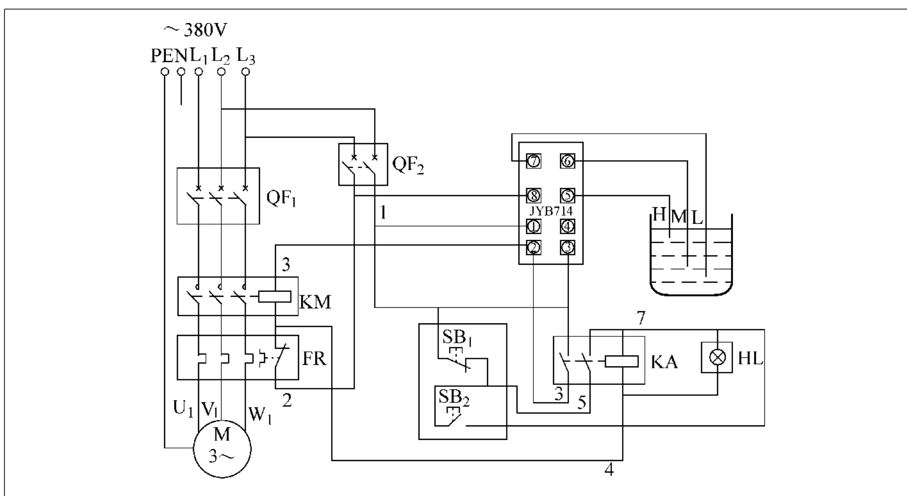


图 8-17　供水泵手动/自动控制电路现场接线

例 122　排水泵手动/自动控制电路

1. 工作原理

排水泵手动/自动控制电路如图 8-18 所示。

（1）手动排水控制

手动排水时，按下排水起动按钮 SB_2(1－5)，中间继电器 KA 线圈得电吸合且 KA 的一组常开触点（1－5）闭合自锁，同时指示灯 HL 亮，说明已进行手动排水操作了。在 KA 线圈得电吸合的同时，KA 的另外一组常开触点（1－3）也闭合，使交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作，拖动排水泵由水池向外排水。需停止排水时，按下排水停止按钮 SB_1(5－7)，中间继电器 KA、交流接触器 KM 线圈均断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，排水泵停止排水，同时指示灯 HL 灭，说明手动排水操作结束了。从而实现手动排水控制。

（2）自动排水控制

当水池内的水升至高水位时，探头探测高水位信号，使 JYB714 型电子式液位继电器内部继电器线圈断电释放，内部继电器连至底座端子 3、4 上的常闭触点恢复常闭状态，接通了交流接触器 KM 线圈的回路电源，KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作，拖动排水泵由水池向外自动排水。当水池内水位降至中水位以下时，探头探测出中水位以下信号，使 JYB714 型电子式液位继电器内部继电器线圈得电吸合，内部继电器连至底座端子 3、4 上的常闭触点断开，切断了交流接触器 KM 线圈的回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，排水泵自动停止排水。从而实现自动排水控制。

2. 现场接线

排水泵手动/自动控制电路现场接线如图 8-19 所示。

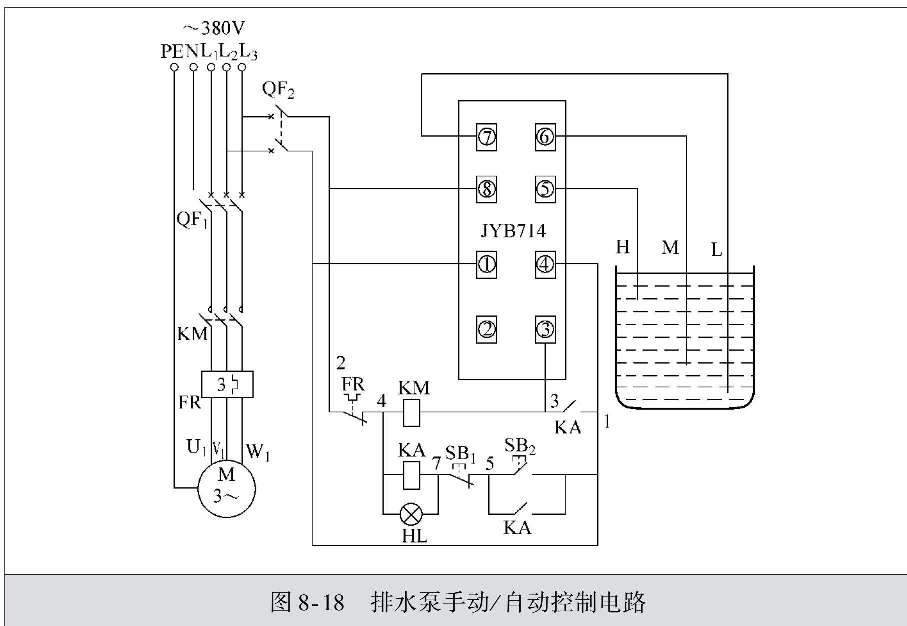


图 8-18　排水泵手动/自动控制电路

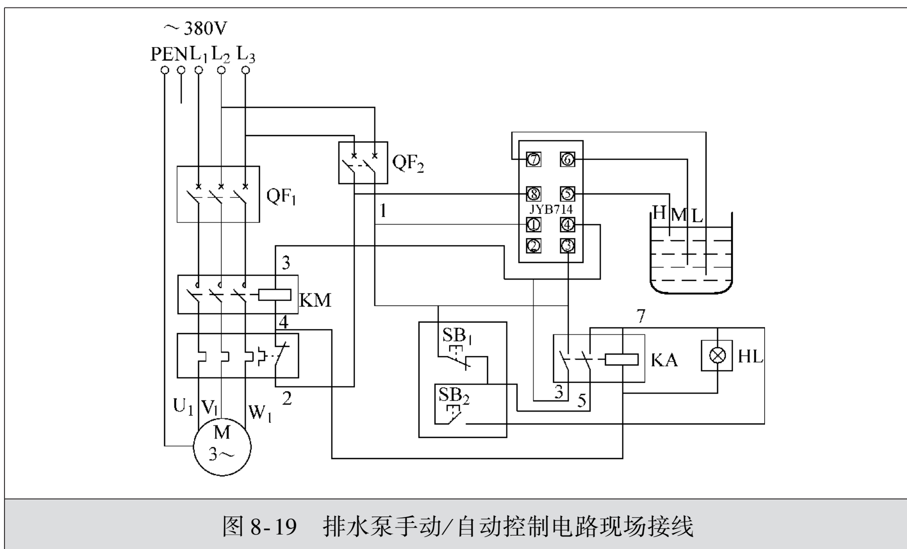


图 8-19　排水泵手动/自动控制电路现场接线

例 123　供水泵故障时备用泵自投电路

1. 工作原理

供水泵故障时备用泵自投电路如图 8-20 所示。

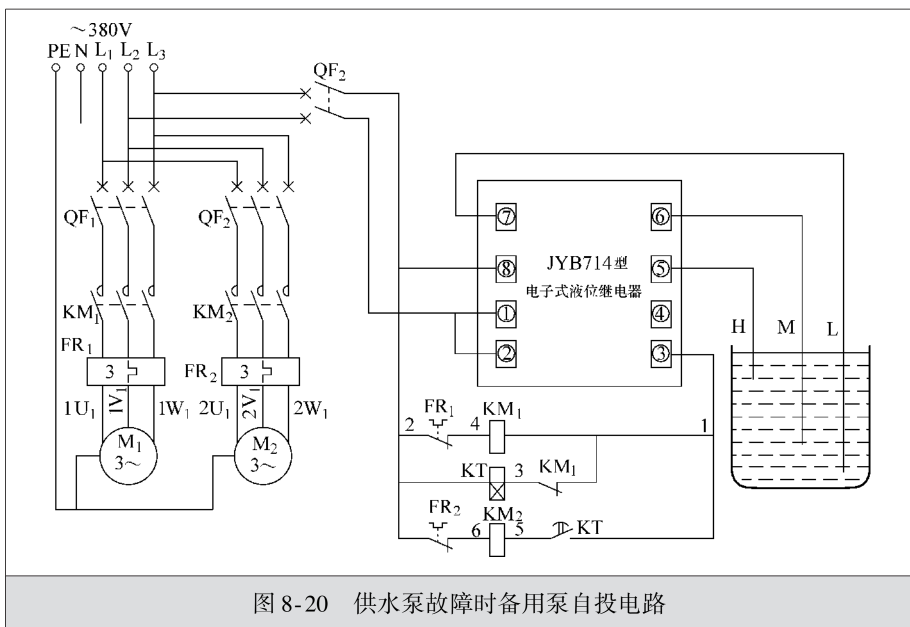


图 8-20 供水泵故障时备用泵自投电路

低水位时，JYB714 型电子式液位继电器内部继电器线圈得电吸合，其常开触点闭合，端子 2、3 为接通主泵电动机 M_1 控制交流接触器 KM_1 线圈的触点闭合，KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，主泵电动机 M_1 得电运转，供水泵向水箱内供水。同时，KM_1 辅助常闭触点（1－3）断开，切断得电延时时间继电器 KT 线圈电源，使 KT 线圈不能得电吸合，主泵电动机 M_1 正常运转。

当主泵电动机 M_1 运转过程中出现故障时，电动机电流增大，热继电器 FR_1 动作，FR_1 控制常闭触点（2－4）断开，切断主泵控制交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，使故障主泵电动机 M_1 失电停止运转；KM_1 辅助常闭触点（1－3）恢复常闭状态，接通得电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KT 线圈得电吸合且开始延时。

经 KT 延时后，KT 得电延时闭合的常开触点（1－5）闭合，接通备用泵电动机 M_2 控制交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合，其三相主触点闭合，备用泵电动机 M_2 得电运转，供水泵向水箱内继续供水。

无论主泵还是备用泵，当水箱内水位升至高水位时，JYB714 型电子式液位继电器内部继电器线圈断电释放，其常开触点恢复常开，端子 2、3 断开，切断供水泵电动机控制交流接触器线圈回路电源，使水泵电动机失电而停止运转。

2. 现场接线

供水泵故障时备用泵自投电路现场接线如图 8-21 所示。

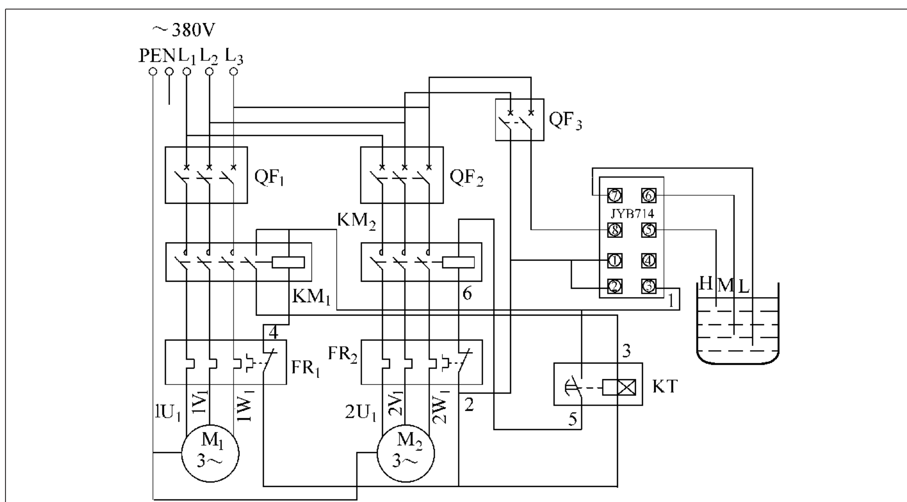


图 8-21 供水泵故障时备用泵自投电路现场接线

例 124 排水泵故障时备用泵自投电路

1. 工作原理

在有些场合，当主排水泵故障时，需要备用泵自动快速投入运转。本例采用一只得电延时时间继电器完成备用泵自投控制，效果很理想，电路如图 8-22 所示。

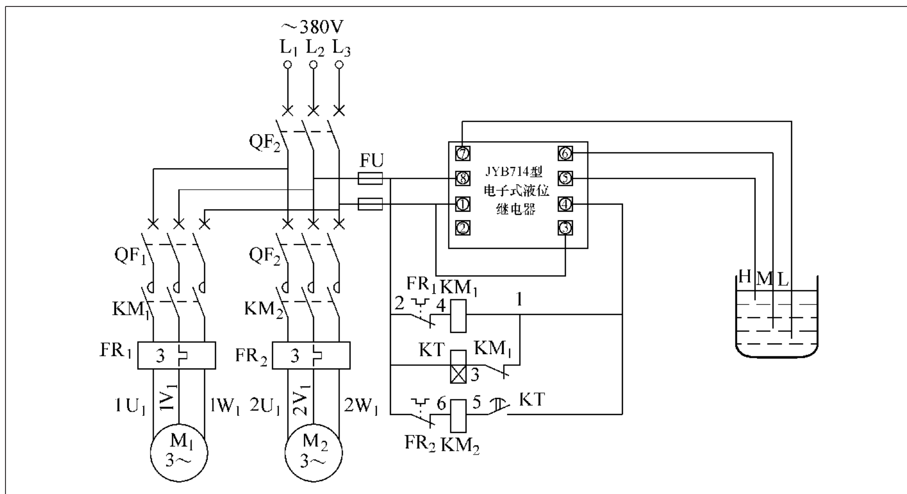


图 8-22 排水泵故障时备用泵自投电路

在平时主排水泵无故障时，若水位升高至高水位，则液位继电器控制交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，KM_1 三相主触点闭合，主排水泵电动机 M_1 得电运转，开始

排水。

在排水过程中主排水泵出现过载时，过载保护热继电器 FR_1 动作，FR_1 常闭控制触点（2－4）断开，切断交流接触器 KM_1 线圈的回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，主排水泵电动机 M_1 失电停止运转；串联在得电延时时间继电器 KT 线圈回路中的 KM_1 辅助常闭触点（1－3）恢复常闭状态（闭合），接通得电延时时间继电器 KT 线圈电源，KT 线圈得电吸合且开始延时。经 KT 延时（5s）后，KT 得电延时闭合的常开触点（1－5）闭合，接通备用泵控制交流接触器 KM_2 线圈电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，备用泵电动机 M_2 自动快速投入使用。

当排除主排水泵电动机 M_1 的过载故障后，主排水泵电动机 M_1 仍自动优先投入运转，而备用泵电动机 M_2 则继续待命。

2. 现场接线

排水泵故障时备用泵自投电路现场接线如图 8-23 所示。

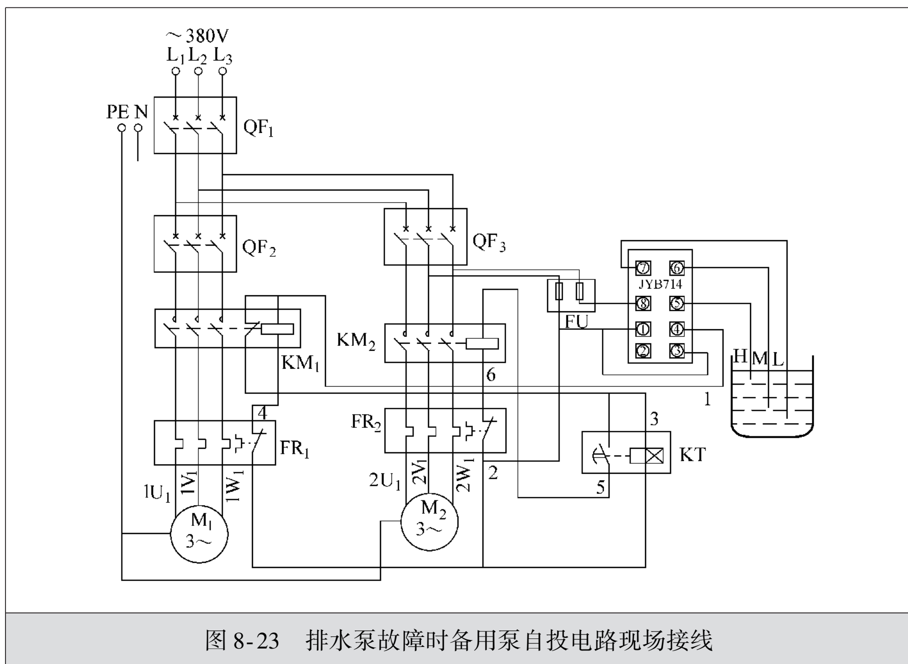


图 8-23　排水泵故障时备用泵自投电路现场接线

例 125　供水泵故障互投电路

这里介绍的是两台供水泵故障自动互投电路。

1. SA 置 1# 手动位置

按 SB_1 按钮，接触器 KM_1 线圈得电吸合且自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机 M_1 得电运转，1# 泵起动工作；按 SB_2 按钮，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机 M_1 失电停止运转，1# 泵停止工作。

2. SA置$1^{\#}$自动位置

若管路压力低至设定下限时，电接点压力表SP的1、2接通，中间继电器KA_2线圈得电吸合，其常开触点KA_2闭合，交流接触器KM_1线圈得电吸合且并联在KA_2常开触点上的KM_1常开触点自锁，KM_1三相主触点闭合，$1^{\#}$泵电动机得电自动起动，同时，KM_1常闭触点断开，以防止KT_1延时。

当管路压力达到设置上限时，电接点压力表上限触点2、3闭合，中间继电器KA_1得电吸合，其常闭触点KA_1断开，切断KM_1自动控制回路电源，KM_1线圈断电释放，其主触点断开，$1^{\#}$泵电动机M_1失电停止运转。从而完成自动起停$1^{\#}$泵。

3. SA置$2^{\#}$手动位置

按SB_3按钮，接触器KM_2线圈得电吸合且自锁，KM_2三相主触点闭合，电动机M_2得电运转，$2^{\#}$泵起动工作；按SB_4按钮，KM_2线圈断电释放，KM_2三相主触点断开，电动机M_2失电停止运转，$2^{\#}$泵停止工作。

4. SA置$2^{\#}$自动位置

若管路压力低至设定下限时，电接点压力表SP的1、2接通，中间继电器KA_2线圈得电吸合，其常开触点KA_2闭合，交流接触器KM_2线圈得电吸合且并联在KA_2常开触点上KM_2的常开触点自锁，KM_2三相主触点闭合，$2^{\#}$泵电动机得电自动起动，KM_2常闭触点断开，以防止KT_2延时。

当管路压力达到设置上限时，电接点压力表上限触点1、3闭合，中间继电器KA_1得电吸合，其常闭触点KA_1断开，切断KM_2自动控制回路电源，KM_2线圈断电释放，其主触点断开，$2^{\#}$泵电动机M_2失电停止运转。从而完成自动起停$2^{\#}$泵。

5. $1^{\#}$泵置自动位置

KM_1回路故障动作，这时，由于KM_1常闭触点未断开，得电延时时间继电器KT_1线圈得电吸合，经KT_1延时（预置时间为1min）后，KT_1得电延时闭合的常开触点闭合，接通了$2^{\#}$泵交流接触器KM_2线圈回路电源，使$2^{\#}$泵起动运转，从而完成当$1^{\#}$泵出现故障时，$2^{\#}$泵自动互投；当$1^{\#}$泵恢复正常时，$2^{\#}$泵自动退出运行。

6. $2^{\#}$泵置自动位置

KM_2回路故障动作，这时，由于KM_2常闭触点未断开，得电延时时间继电器KT_2线圈得电吸合，经KT_2延时（预置时间为1min）后，KT_2得电延时闭合的常开触点闭合，接通了$1^{\#}$泵交流接触器KM_1线圈回路电源，使$1^{\#}$泵起动运转，从而完成当$2^{\#}$泵出现故障时，$1^{\#}$泵自动互投；当$2^{\#}$泵恢复正常时，$1^{\#}$泵自动退出运行。

本电路新颖、实用，效果很好。控制回路如图8-24所示。主回路如图8-25所示。

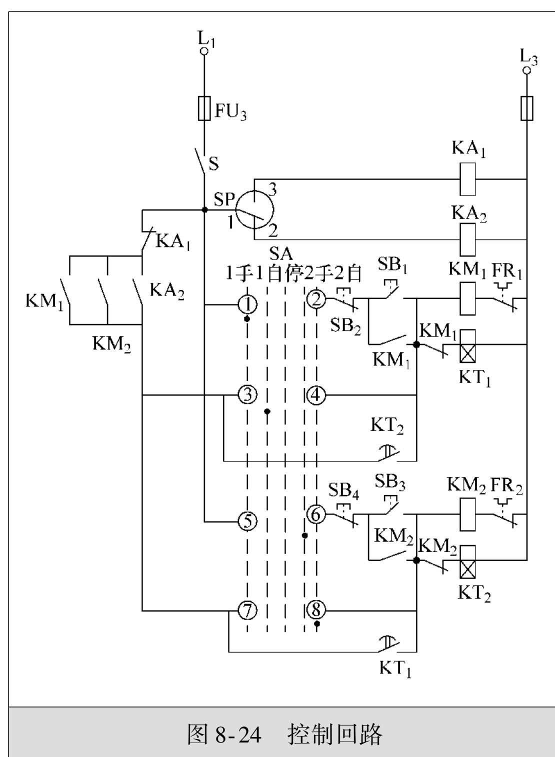


图 8-24　控制回路

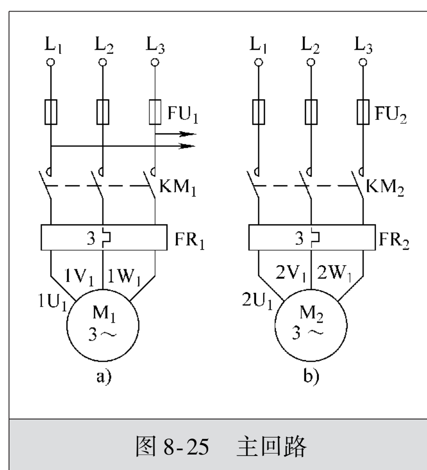


图 8-25　主回路

例 126　两台水泵电动机自动故障自投电路

在给水时，通常均采用两台水泵电动机一用一备。但在使用过程中，倘若运行的一台水泵电动机出现过载等故障而退出运行时，由于备用水泵电动机不能及时投入运行，将影响正常补水工作。

图 8-26 所示为两台水泵电动机自动故障自投电路。

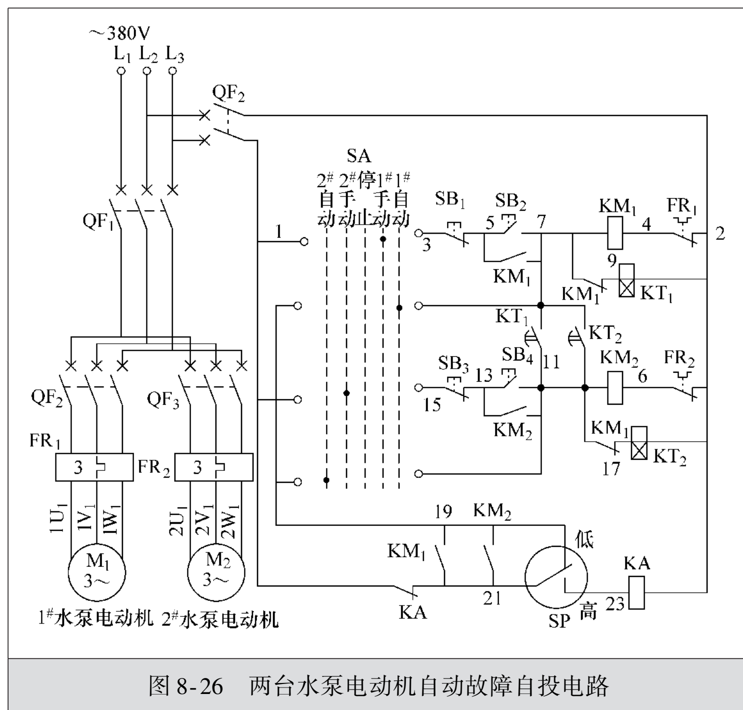


图 8-26　两台水泵电动机自动故障自投电路

1. 1#手动操作

将转换开关 SA 置于 1#手动位置（1－3），按起动按钮 SB_2(5－7)，交流接触器 KM_1线圈得电吸合，KM_1辅助常开触点（5－7）闭合自锁，KM_1三相主触点闭合，1#水泵电动机 M_1得电运转工作。停止时则按下停止按钮 SB_1(3－5) 即可。

2. 2#手动操作

将转换开关 SA 置于 2#手动位置（1－15），按起动按钮 SB_4(11－13)，交流接触器 KM_2线圈得电吸合，KM_2辅助常开触点（11－13）闭合自锁，KM_2三相主触点闭合，2#水泵电动机 M_2得电运转工作。停止时按下停止按钮 SB_3(13－15) 即可。

3. 1#自动及故障自投

将转换开关 SA 置于 1#自动位置（7－19），若补水罐压力低于电接点压力表 SP 下限时，其接点（19－21）闭合，交流接触器 KM_1线圈得电吸合，KM_1辅助常开触点（19－21）闭合自锁，KM_1三相主触点闭合，1#水泵电动机 M_1得电运转；随着补水罐压力的逐渐增大，SP 接点（19－21）断开，当达到电接点压力表 SP 上限时，其接点（21－23）闭合，中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 常闭触点（1－21）断开，切断了 KM_1线圈自锁回路电源，KM_1线圈断电释放，KM_1三相主触点断开，1#水泵电动机 M_1失电停止运转。若补水罐压力低于电接点压力表 SP 下限

时，其接点（19－21）闭合，交流接触器 KM_1 线圈又重新得电吸合且自锁，KM_1 三相主触点又闭合，1#水泵电动机 M_1 又重新起动运转了，自动重复上述过程。

当 1#水泵电动机 M_1 出现故障时（通常为过载），热继电器 FR_1 常闭触点断开，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，1#水泵电动机 M_1 失电停止运转。KM_1 辅助常闭触点（7－9）恢复闭合，为延时接通备用 2#水泵电动机 M_2 起动运转做准备。若补水罐压力低于电接点压力表 SP 下限，其接点（19－21）闭合，此时由于 KM_1 线圈回路因故障断开，控制电源经 KM_1 辅助常闭触点（7－9），使得电延时时间继电器 KT_1 线圈得电吸合，KT_2 开始延时；经 KT_1 一段延时后，KT_1 得电延时闭合的常开触点（7－11）闭合，接通了 2#水泵电动机 M_2 控制交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合，KM_2 三相主触点闭合，2#水泵电动机 M_2 自动投入运行，替代故障 1#水泵电动机 M_1；当 1#水泵电动机 M_1 故障排除，FR_1 复位后，1#水泵电动机 M_1 又重新投入工作，2#水泵电动机 M_2 又作为备用待机。

2#水泵电动机自动及故障自投同 1#，这里不再介绍。

4．两台水泵电动机自动故障自投电路

在给水时，通常采用两台水泵电动机一用一备。但在使用过程中，倘若运行的一台水泵电动机出现过载等故障而退出运行时，由于备用水泵电动机不能及时投入运行，将影响正常补水工作。

例 127　两台水泵电动机转换工作并任意故障自投电路

本例介绍两台水泵电动机转换工作并任意故障自投电路，如图 8-27 所示。其特点是在转换开关置于自动位置时，倘若补水罐内压力低至下限时，电接点压力表 SP(1－43）闭合，中间继电器 KA_4 线圈得电吸合，其常开触点（11－15）闭合，接通中间继电器 KA_1 线圈电源，KA_1 常开触点（15－17）闭合自锁；KA_1 常开触点（29－31）闭合使中间继电器 KA_3 线圈得电并自锁（29－31），KA_1 常开触点（7－13）闭合，接通电动机 M_1 控制用交流接触器 KM_1 线圈电源，KM_1 辅助常开触点（5－13）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，水泵电动机 M_1 起动运转；随着补水罐内压力的逐渐提高，当达到电接点压力表上限值时，SP(1－45）闭合，KA_5 线圈得电吸合，此时 KA_5 常闭触点（11－13）断开，切断了交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，其三相主触点断开，水泵电动机 M_1 失电停止运转。当电动机 M_1 停止后将作为备用泵使用。也就是说，下一次需要起动的是电动机 M_2，再下一次起动的才是电动机 M_1，两台电动机依次轮流替换工作。

1．1#水泵手动控制

将转换开关 SA 置于 1#泵手动位置，SA(1－3）接通，为 1#水泵电动机 M_1 手动控制做准备。起动时，按下起动按钮 SB_2(5－7)，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（5－7）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，1#水泵电动机 M_1

得电起动运转。停止时，则按下停止按钮 SB_1（3－5），切断了交流接触器 KM_1线圈回路电源，KM_1线圈断电释放，KM_1三相主触点断开，1#泵电动机 M_1失电而停止运转。

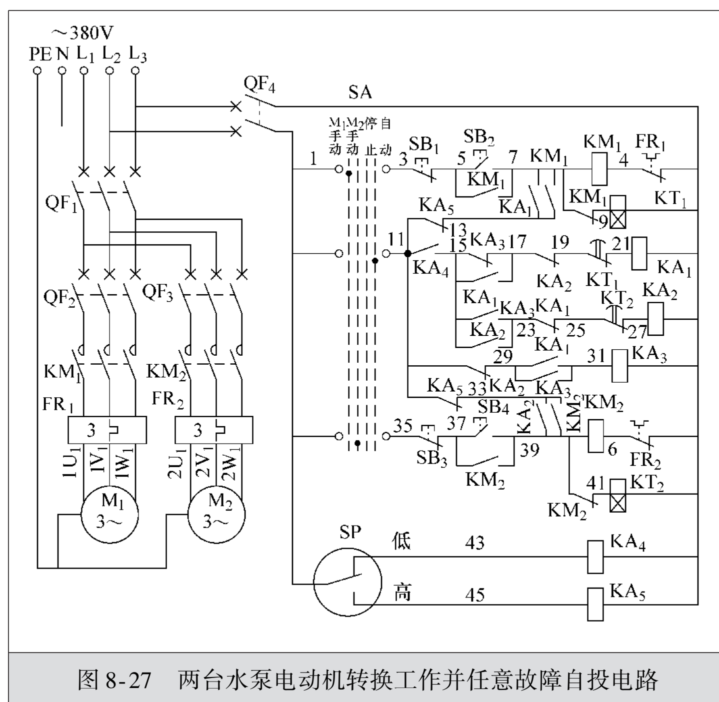


图 8-27　两台水泵电动机转换工作并任意故障自投电路

2．2#水泵手动控制

将转换开关 SA 置于 2#泵手动位置，SA（1－35）接通，为 2#水泵电动机 M_2手动控制做准备。起动时，按下起动按钮 SB_4（37－39），交流接触器 KM_2线圈得电吸合且 KM_2辅助常开触点（37－39）闭合自锁，KM_2三相主触点闭合，2#水泵电动机 M_2得电起动运转。停止时，则按下停止按钮 SB_3（35－37），切断了交流接触器 KM_2线圈回路电源，KM_2线圈断电释放，KM_2三相主触点断开，2#泵电动机 M_2失电而停止运转。

3．两台水泵自动轮换工作

当补水罐压力低于电接点压力表 SP 下限时（也就是设定的下限压力），SP（1－34）闭合，接通了中间继电器 KA_4线圈回路电源，KA_4线圈得电吸合，KA_4常开触点（11－15）闭合，使中间继电器 KA_1线圈得电吸合且 KA_1常开触点（15－17）闭合自锁；KA_1常闭触点（23－25）断开，对 KA_2线圈回路进行互锁；KA_1常开触点（29－31）闭合，接通了中间继电器 KA_3线圈回路电源，KA_3线圈得电吸合且 KA_3常开触点（29－31）闭合自锁，KA_3常闭触点（15－17）断开，KA_3常开触点（15－23）闭合，为轮流转换控制做准备。在中间继电器 KA_1线圈得电吸合的

同时，KA_1常开触点（7－13）闭合，接通了交流接触器 KM_1线圈回路电源，KM_1辅助常开触点（7－13）闭合自锁，KM_1三相主触点闭合，1#泵电动机 M_1起动运转；同时 KM_1辅助常闭触点（7－9）断开，切断得电延时时间继电器 KT_1线圈回路电源，使其不能投入工作。当补水罐压力升高时，电接点压力表 SP 下限触点（1－43）断开，使中间继电器 KA_4线圈断电释放，KA_4常开触点（11－15）断开，切断中间继电器 KA_1线圈回路电源，KA_1线圈断电释放，KA_1所有常开触点（7－13、15－17、29－31）断开，KA_1常闭触点（23－25）闭合，恢复原始状态，为下一次起动 2#水泵电动机 M_2做准备。当补水罐压力升到上限时（也就是设定的上限压力），SP（1－45）闭合，接通了中间继电器 KA_5线圈回路电源，KA_5线圈得电吸合，KA_5的两只常闭触点（11－13、11－33）均断开，其中 KA_5的一只常开触点（11－13）断开，切断正在运转的 1#泵电动机 M_1控制用交流接触器 KM_1线圈回路电源，KM_1线圈断电释放，KM_1三相主触点断开，1#水泵电动机 M_1失电停止运转；因 2#泵电动机 M_2控制用交流接触器 KM_2线圈回路未工作，所以 KA_1的另一只常闭触点（11－33）断开，此时不起作用，只有在 KM_2线圈得电吸合工作后才会起到控制作用。至此，完成了 1#泵作为主泵，2#作为备用泵的控制。

在 1#泵电动机 M_1停止运转后，下一次起动的是2#泵电动机 M_2，也就是说，2#泵作为主泵、1#泵作为备用泵使用。当补水罐压力低于电接点压力表 SP 下限时（也就是设定的下限压力），SP(1－43）闭合，接通了中间继电器 KA_4线圈回路电源，KA_4线圈得电吸合，KA_4常开触点（11－15）闭合，使中间继电器 KA_2线圈在 KA_3闭合的常开触点（15－23）的作用下得电吸合，中间继电器 KA_2线圈得电吸合且 KA_2常开触点（15－23）闭合自锁，KA_2常闭触点（11－29）断开，切断中间继电器 KA_3线圈回路电源，KA_3线圈断电释放，KA_3常开触点（15－23）断开，KA_3常闭触点（15－17）闭合，恢复原始状态，为轮流转换控制做准备。在中间继电器 KA_2线圈得电吸合的同时，KA_2常开触点（33－39）闭合，接通了交流接触器 KM_2线圈回路电源，KM_2辅助常开触点（37－39）闭合自锁，KM_2三相主触点闭合，2#泵电动机 M_2起动运转；同时 KM_2辅助常闭触点（39－41）断开，切断得电延时时间继电器 KT_2线圈回路电源，使其不能投入工作。当补水罐压力升高时，电接点压力表 SP 下限触点（1－43）断开，使中间继电器 KA_4线圈断电释放，KA_4常开触点（11－15）断开，切断中间继电器 KA_2线圈回路电源，KA_2线圈断电释放，KA_2所有常开触点（15－23、33－39）断开、KA_2所有常闭触点（17－19、11－29）闭合，恢复原始状态，为下一次起动 1#水泵电动机 M_1做准备。当补水罐压力升至上限时（也就是设定的上限压力），SP(1－45）闭合，接通了中间继电器 KA_5线圈回路电源，KA_5线圈得电吸合，KA_5的两只常闭触点（11－13、11－33）均断开，其中 KA_5的一只常开触点（11－33）断开，切断正在运转的 2#泵电动机 M_2控制用交流接触器 KM_2线圈回路电源，KM_2线圈断电释放，KM_2三相主触点断开，2#

水泵电动机 M_2失电停止运转；因1#泵电动机 M_1控制用交流接触器 KM_1线圈回路未工作，此时不起作用，只有在 KM_1线圈得电吸合工作后才会起到控制作用。至此，完成了2#泵作为主泵，1#泵作为备用泵的控制。之后，又将1#泵作为主泵、2#泵作为备用泵工作，一直轮流循环下去。

4. 1#水泵电动机 M_1过载后自动起动，2#水泵电动机 M_2工作

当1#水泵电动机 M_1在运转过程中出现过载后，其过载保护热继电器 FR_1控制常闭触点（2－4）动作断开，切断了交流接触器 KM_1线圈回路电源，KM_1线圈断电释放，KM_1三相主触点断开，1#泵电动机 M_1失电停止运转；在 KM_1线圈断电释放的同时，KM_1串联在得电延时时间继电器 KT_1线圈回路中的辅助常闭触点（7－9）恢复常闭，接通得电延时时间继电器 KT_1线圈回路电源，KT_1线圈得电吸合并开始延时。

经 KT_1段延时（2s）后，KT_1得电延时断开的常闭触点（19－21）断开，切断了中间继电器 KA_1线圈回路电源，KA_1线圈断电释放，KA_1所有常开触点（7－9、15－17、29－31）断开，KA_1常闭触点（23－25）闭合；此时，中间继电器 KA_2线圈得电吸合且 KA_2常开触点（15－23）闭合自锁，KA_2常开触点（33－39）闭合，接通2#水泵电动机 M_2控制交流接触器 KM_2线圈回路电源，KM_2线圈得电吸合，KM_2三相主触点闭合，水泵电动机 M_2起动运转，从而替换已过载的故障1#泵电动机 M_1继续运转工作，起到故障泵自动互锁作用。与此同时，KA_2常闭触点（11－29）断开，切断了中间继电器 KA_3线圈回路电源，KA_3线圈断电释放，KA_3常开触点（15－23）断开、KA_3常闭触点（15－17）闭合，为轮流转换控制做准备。

5. 2#水泵电动机 M_2过载后自动起动，1#水泵电动机 M_1工作

当2#水泵电动机 M_2在运转过程中出现过载后，其过载保护热继电器 FR_2控制常闭触点（2－6）动作断开，切断了交流接触器 KM_2线圈回路电源，KM_2线圈断电释放，KM_2三相主触点断开，2#泵电动机 M_2失电停止运转；在 KM_2线圈断电释放的同时，KM_2串联在得电延时时间继电器 KT_2线圈回路中的辅助常闭触点（39－41）恢复常闭，接通得电延时时间继电器 KT_2线圈回路电源，KT_2线圈得电吸合并开始延时。

经 KT_2延时（2s）后，KT_2得电延时断开的常闭触点（25－27）断开，切断了中间继电器 KA_2线圈回路电源，KA_2线圈断电释放，KA_2所有常开触点（15－23、33－39）断开，KA_2常闭触点（17－19、11－29）闭合；此时，中间继电器 KA_1线圈得电吸合且 KA_1常开触点（15－17）闭合自锁，KA_1常开触点（7－13）闭合，接通1#水泵电动机 M_1控制交流接触器 KM_1线圈回路电源，KM_1线圈得电吸合，KM_1三相主触点闭合，1#水泵电动机 M_1起动运转，从而替换已过载的故障2#泵电动机 M_2继续工作，起到故障自动互投作用。与此同时，KA_1常开触点（29－31）

闭合，接通了中间继电器 KA_3 线圈回路电源，KA_3 线圈得电吸合，KA_3 常闭触点（15－17）断开，KA_3 常开触点（15－23）闭合，为轮流转换控制做准备。

在自动时，任意一台水泵电动机出现过载故障时，其热继电器将会动作，断开相应控制回路电源，而该回路的时间继电器就会延时动作，接通另一台水泵电动机控制电路，使其投入工作，起到故障互投作用，因电路较为简单，这里不再介绍。

例 128　电接点压力表自动控制电路

1. 工作原理

电接点压力表自动控制电路如图 8-28 所示。

手动控制：将手动/自动选择开关置于手动位置。起动时，按下起动按钮 SB_2（5－7），交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 的一组辅助常开触点（5－7）闭合自锁；KM 的另一组辅助常开触点（7－11）闭合无用，在自动时起作用；KM 三相主触点闭合，水泵电动机得电运转，拖动水泵打水。

自动控制：将手动/自动选择开关置于自动位置。当压力罐压力低于电接点压力表下限时，SP 触点（7－11）闭合，交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 的一组辅助常开触点（7－11）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，水泵电动机得电运转，拖动水泵打水。随着罐内压力的逐渐升高，当达到电接点压力表上限压力时，SP 触点（11－13）闭合，中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 常闭触点（7－9）断开，使交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，水泵电动机失电停止运转，水泵停止打水，从而实现自动控制。

2. 现场接线

电接点压力表自动控制电路现场接线如图 8-29 所示。

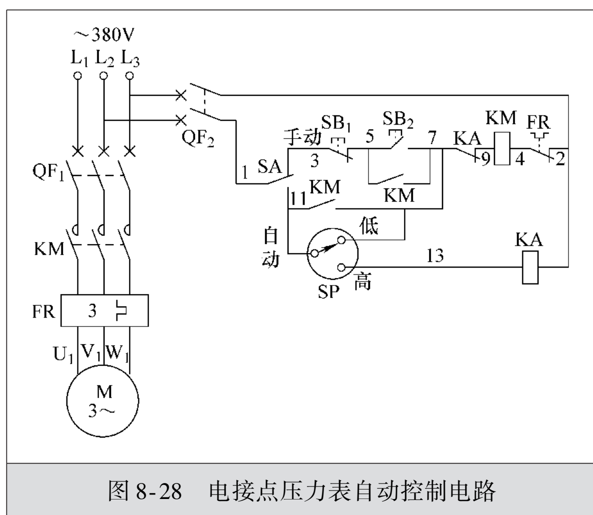
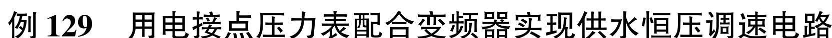


图 8-28　电接点压力表自动控制电路

图8-29　电接点压力表自动控制电路现场接线



例129　用电接点压力表配合变频器实现供水恒压调速电路

1. 工作原理

有些供水系统要求恒压供水，如果手头上有廉价的变频器，可与YX－150型电接点压力表配合进行最简单的供水恒压调速。电路如图8-30所示。

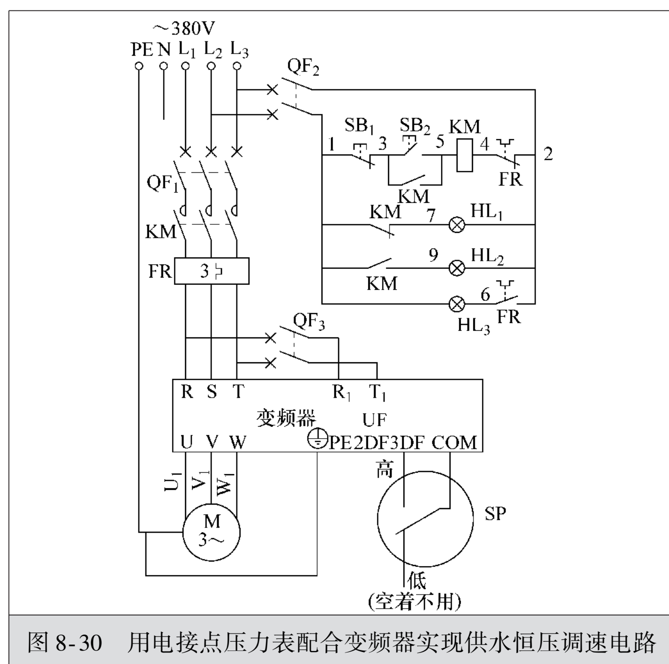


图8-30　用电接点压力表配合变频器实现供水恒压调速电路

从图 8-30 中不难看出，电接点压力表 SP 的高端（也就是上限）接至第 3 频率端子 3DF 上，再通过调整变频器内部第 3 频率电位器 3FV 来设定较低的运转速度。需要注意的是，电接点压力表 SP 不能安装在用水量较大的管路中，使用过程中可根据实际情况确定安装位置，以保护压力控制信号的正常提供。

（1）起动

按下起动按钮 SB_2(3－5)，交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，为变频器工作提供电源，同时 KM 辅助常闭触点（1－7）断开，电源指示灯 HL_1灭，KM 辅助常开触点（1－9）闭合，运行指示灯 HL_2亮，说明电路已运行。这时，变频器会按照设定的频率使电动机以一定速度运转，供水系统通过泵输出给水。随着管路水压的逐渐提高，当达到电接点压力表 SP 高端（上限）时，3DF 与 COM 连接，变频器的运行方式会按照预先设定的降速曲线降低水泵的运转速度，管路压力逐渐减小，电接点压力表 SP 高端（上限）与 COM 断开，变频器又按照预先设置的第 3 频率速度输出，水泵电动机又重新按照变频器升速曲线运转。如此这般地反复升速、降速，从而实现恒压供水调速。

（2）停止

按下停止按钮 SB_1(1－3)，交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，变频器脱离电源停止工作，电动机失电停止运转，同时指示灯 HL_2灭、HL_1亮，说明变频器已停止工作。

当电动机出现过载时，热继电器 FR 串联在交流接触器 KM 线圈回路中的常闭触点（2－4）断开，切断了交流接触器 KM 线圈的回路电源，KM 三相主触点断开，切断电动机三相电源，从而起到过载保护作用。同时热继电器 FR 常开触点（2－6）闭合，接通了过载指示灯 HL_3回路电源，HL_3亮，说明电动机已过载了。

2. 现场接线

用电接点压力表配合变频器实现供水恒压调速电路现场接线如图 8-31 所示。

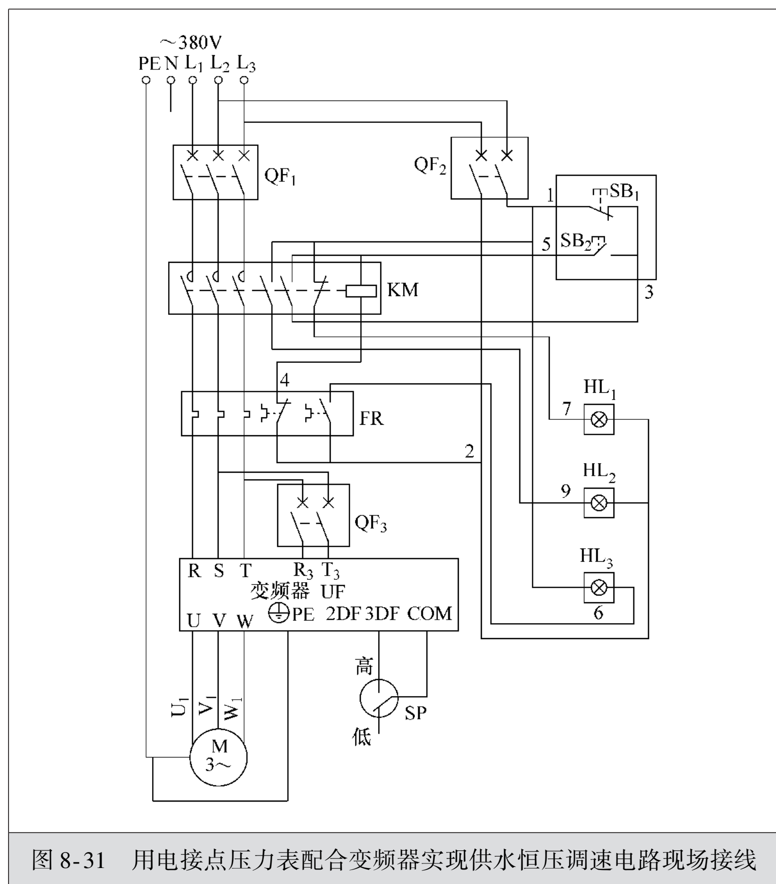


图 8-31 用电接点压力表配合变频器实现供水恒压调速电路现场接线

例 130 用电接点压力表控制增压水罐自动补水电路

用电接点压力表控制增压水罐自动补水电路如图 8-32 所示。

1. 自动控制

将选择开关 SA 置于自动（1－3）位置，当增压水罐压力低于设定下限时，电接点压力表 SP 下限触点（3－11）接通，交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（3－11）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，补水泵电动机得电运转工作，同时指示灯 HL_2亮，说明正在进行补水。当增压水罐达到上限压力时，电接点压力表 SP 上限触点（3－5）接通，中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 串联在 KM 线圈回路中的常闭触点（11－13）断开，交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，补水泵电动机失电停止补水，同时指示灯 HL_2灭，HL_1亮，说明补水泵电动机已停止工作。

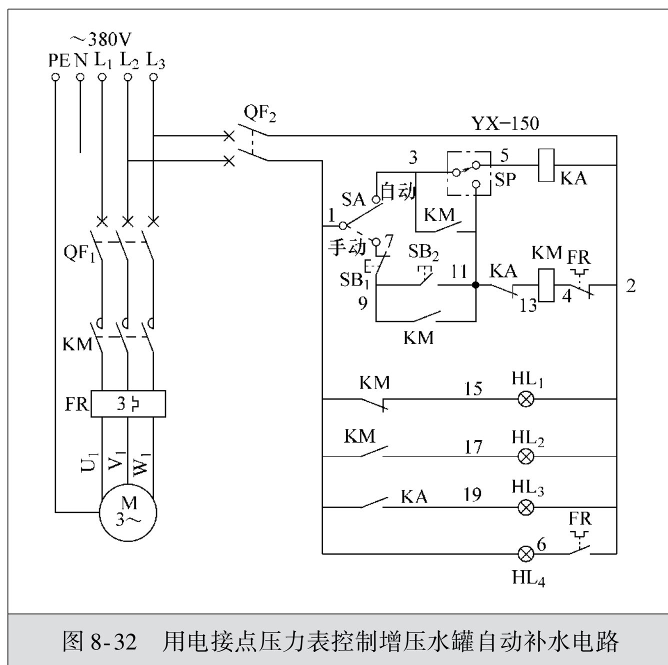


图 8-32　用电接点压力表控制增压水罐自动补水电路

随着增压罐内压力逐渐下降，当降至下限设定值时，电接点压力表 SP 下限触点（3－11）又重新接通，交流接触器 KM 线圈又重新得电吸合工作，其三相主触点闭合，补水泵电动机又重新运转进行补水，重复上述过程。

2．手动控制

将选择开关 SA 置于手动（1－7）位置，起动时按下起动按钮 SB_2(9－11)，交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 常开触点（9－11）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，补水泵电动机得电运转，同时指示灯 HL_2亮，说明补水泵电动机正在运转补水。当停止时，按下停止按钮 SB_1(7－9)，交流接触器 KM 线圈断电释放，其三相主触点断开，补水泵电动机失电停止补水，同时指示灯 HL_2灭、HL_1亮，说明补水泵电动机已停止工作。

例 131　两台水泵轮流工作控制电路

两台水泵轮流工作控制电路如图 8-33 所示。

1．电动机 M_1手动控制

将装换开关 SA 置于 M_1“手动”位置，按下起动按钮 SB_2(5－7)，交流接触器 KM_1线圈得电吸合，KM_1辅助常开触点（5－7）闭合自锁，KM_1三相主触点闭合，电动机 M_1起动运转；若停止运转，则按下停止按钮 SB_1(3－5)，交流接触器

KM_1线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机 M_1失电停止运转。

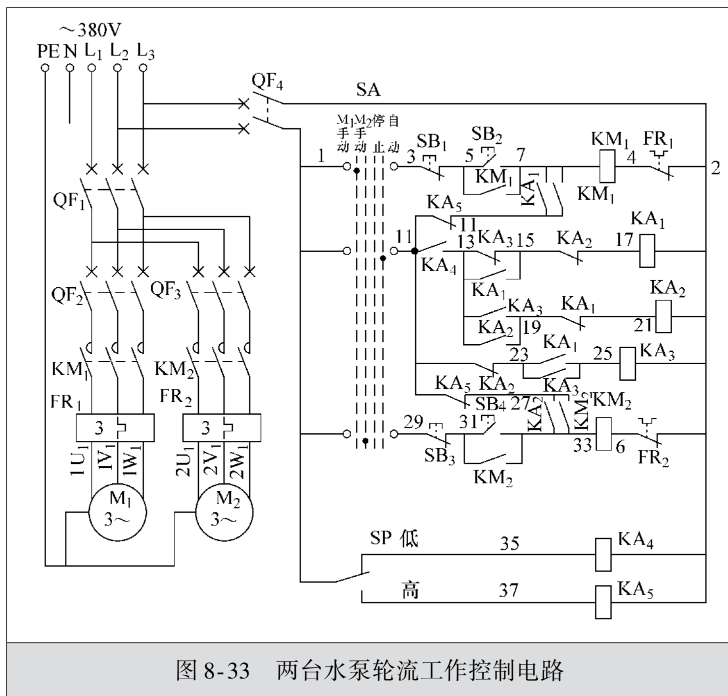


图 8-33　两台水泵轮流工作控制电路

2．电动机 M_2手动控制

将转换开关 SA 置于 M_2 “手动” 位置，按下起动按钮 SB_4(31 – 33)，交流接触器 KM_2线圈得电吸合，KM_2辅助常开触点（31 – 33）闭合自锁，KM_2三相主触点闭合，电动机 M_2起动运转；若需停止运转，则按下停止按钮 SB_3(29 – 31)，交流接触器 KM_2线圈断电释放，其三相主触点断开，电动机 M_2失电停止运转。

3．电动机 M_1、M_2轮流控制

将转换器开关 SA 置于 M_1、M_2 “自动” 位置，则通过电接点压力表 SP 进行控制，若管路压力低于 SP 下限时，SP 低端（1 – 35）闭合，中间继电器 KA_4线圈得电吸合，KA_4常开触点（9 – 13）闭合，接通了中间继电器 KA_1线圈回路电源，KA_1线圈得电吸合并自锁（13 – 15），KA_1常开触点（23 – 25）闭合，使中间继电器 KA_3线圈得电吸合并自锁（23 – 25），为下一次中间继电器 KA_2线圈工作做准备；同时 KA_1常开触点（7 – 11）闭合，交流接触器 KM_1线圈得电吸合并自锁（7 – 11），电动机 M_1得电起动运转。当管路压力高于电接点压力表 SP 上限时，SP 高端（1 – 37）闭合，中间继电器 KA_5线圈得电吸合，KA_5控制 KM_1线圈停止的常闭触点（9 – 11）断开，切断了交流接触器 KM_1线圈回路电源，KM_1线圈断电释放，KM_1三相主触点断开，电动机 M_1失电停止运转。在 KA_3线圈得电吸合后，其常闭触点

（13－15）断开，使 KA_1线圈在下次禁止动作；KA_3常开触点（13－19）闭合，为下次 KA_2线圈得电做准备，因为 KA_2动作，会使交流接触器 KM_2线圈吸合，让电动机 M_2起动运转。

若管路压力又低于 SP 下限时，SP 低端（1－35）闭合，中间继电器 KA_4线圈又得电吸合，KA_4常开触点（9－13）闭合，接通了中间继电器 KA_2线圈回路电源，KA_2线圈得电吸合且自锁（13－19），KA_2常闭触点（9－23）断开，切断了中间继电器 KA_3线圈回路电源，KA_3线圈断电释放，其所有触点恢复，为下次中间继电器 KA_1线圈工作做准备。因为 KA_1动作，会使交流接触器 KM_1线圈吸合，让电动机 M_1又重新起动运转。同时 KA_2常开触点（27－33）闭合，将 KM_2线圈回路接通，KM_2线圈得电吸合并自锁（27－33），KM_2三相主触点闭合，电动机 M_2得电运转工作。当管路压力高于电接点压力表 SP 上限时，SP 高端（1－37）闭合，中间继电器 KA_5线圈得电吸合，KA_5控制 KM_2线圈停止的常闭触点（9－27）断开，切断了交流接触器 KM_2线圈回路电源，KM_2线圈断电释放，KM_2三相主触点断开，电动机 M_2失电停止运转。此时，中间继电器 KA_1、KA_2、KA_3线圈全部断电释放，恢复原始状态，为下次接通 KM_1线圈做好准备，也就是为下次起动电动机 M_1做准备，从而实现电动机 M_1、M_2轮流运转工作。

例 132　可任意手动起动、停止的自动补水控制电路

1. 工作原理

本电路实际上就是利用电接点压力表来实现的自动控制电路，如图 8-34 所示。它与其他同类电路不同之处是，在压力上限与下限之间可任意对控制电路进行手动起动、手动停止操作。

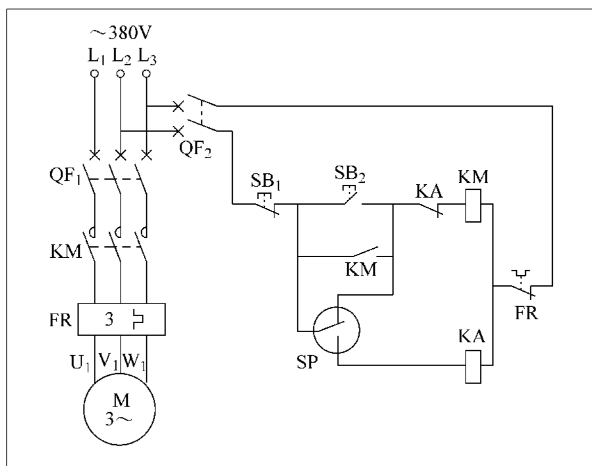


图 8-34　可任意手动起动、停止的自动补水控制电路

需注意的是，当压力低于下限时能自动起动、当压力高于上限时能自动停止。

2. 现场接线

可任意手动起动、停止的自动补水控制电路现场接线如图 8-35 所示。

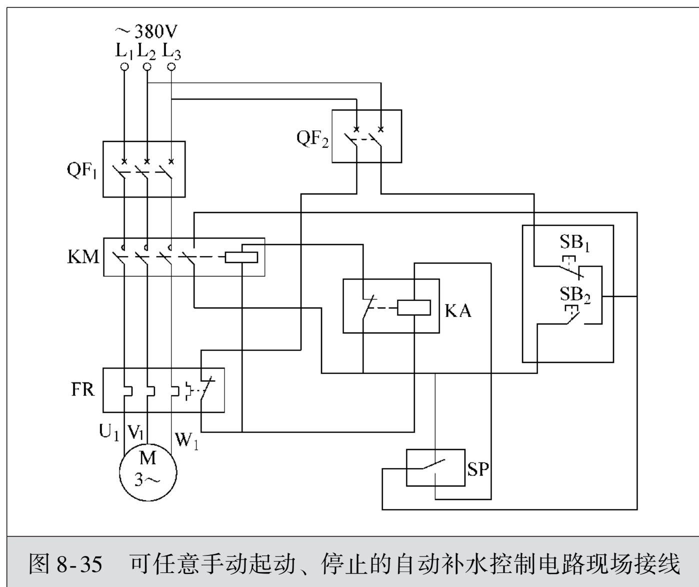


图 8-35　可任意手动起动、停止的自动补水控制电路现场接线

例 133　采用两只中间继电器控制的水位控制电路

图 8-36 所示为水位控制电路，检测元件为电接点压力表，为了保证电接点压力表控制触点不与容量较大的交流接触器线圈直接控制使用，以保护电接点压力表控制触点不易被损坏，所以在控制电路中采用两只中间继电器 KA_1、KA_2线圈分别接电接点压力表低水位端、高水位端，因中间继电器线圈电流很小，从而保证电接点压力表正常使用。

1. 手动控制

将手动/自动选择开关 S 拨至手动控制位置（1－3），起动时，按下起动按钮 SB_2(5－7)，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 辅助常开触点（5－7）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作。同时 KM 辅助常闭触点（1－17）断开，辅助常开触点（1－19）闭合，电源指示灯 HL_1熄灭，运转指示灯 HL_2点亮，说明电动机已起动运转。停止时则按下停止按钮 SB_1(3－5)，交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，同时 KM 辅助常开触点（1－19）断开，辅助常闭触点（1－17）闭合，运转指示灯 HL_2熄灭，电源指示灯 HL_1点亮，说明电动机已停止运转。

2. 自动控制

将手动/自动选择开关 S 拨至自动控制位置（1－9），控制电路处于自动控制状

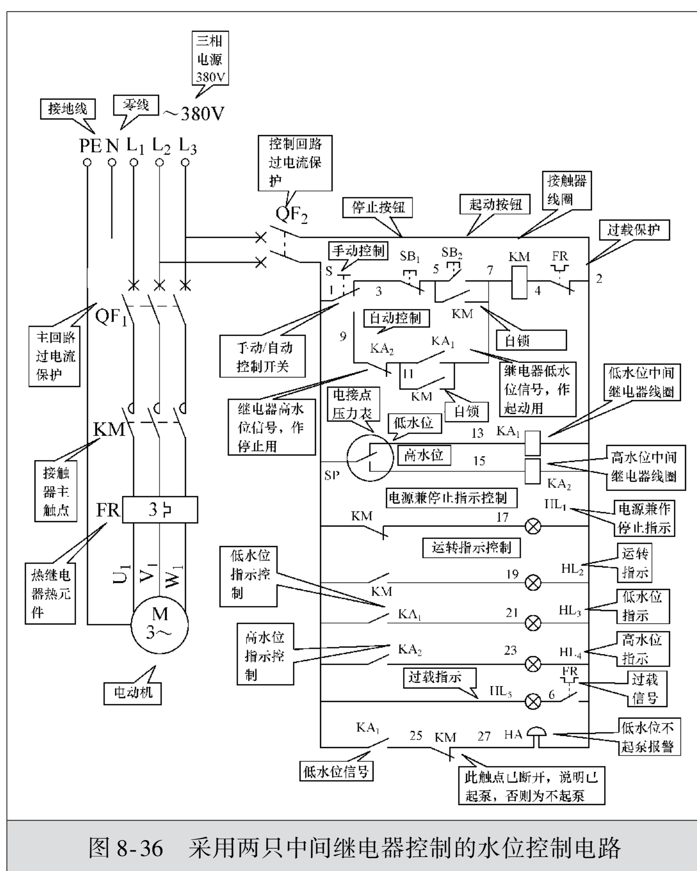


图 8-36　采用两只中间继电器控制的水位控制电路

态。若水罐内压力低于电接点压力表下限值时，电接点压力表下限低水位端（1－13）闭合，中间继电器 KA_1线圈得电吸合，其常开触点（7－11）闭合，交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（7－11）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电运转工作。同时 KA_1常开触点（1－21）闭合，指示灯 HL_3亮，告知水罐处于低水位，KM 辅助常闭触点（1－17）断开，KM 辅助常开触点（1－19）闭合，电源兼停止指示灯 HL_1熄灭，运转指示灯 HL_2点亮，说明电动机已运转工作了。随着水泵电动机运转补水，水罐内压力逐渐上升，电接点压力表下限低水位端（1－13）断开，中间继电器 KA_1线圈断电释放，其常开触点（1－21）断开，低水位指示灯 HL_3熄灭；当水罐内压力升至电接点压力表上限值时，上限高水位端（1－15）闭合，接通中间继电器 KA_2线圈回路电源，KA 常闭触点（9－11）断开，切断了交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。同时 KA_2常开触点（1－23）闭合，指示灯 HL_4点亮，告知水罐处于高水位，KM 辅助常开触点（1－19）断开，KM 辅助常闭触点（1－17）闭合，运转指示灯 HL_2熄灭，电源兼停止指示灯 HL_1点亮，说明电

动机已停止运转。

无论手动/自动选择开关S处于任何状态，只要在低水位时，倘若交流接触器KM线圈不吸合，那么KM串联在低水位报警电路中的辅助常闭触点（25－27）就闭合，电铃HA响，告知水位已低且电动机不运转补水。若指示灯HL_5亮，说明电动机已过载动作了。

例134　防止抽水泵空抽保护电路

1. 工作原理

防止抽水泵空抽保护电路如图8-37所示。合上主回路保护断路器QF_1、控制回路保护断路器QF_2、控制变压器保护断路器QF_3，电动机停止兼电源指示灯HL_1亮，说明电动机已停止且电源有电，若此时指示灯HL_3亮，则说明水池内有水。若水池有水，探头A、B被水短接，小型灵敏继电器KA线圈得电吸合，KA的两组常开触点均闭合，一组常开触点（1－13）闭合，为水池有水指示，另一组常开触点（3－7）闭合，作为KM自锁信号，为允许自锁提供条件。起动时，按下起动按钮SB_2(3－5)，交流接触器KM线圈得电吸合且KM辅助常开触点（5－7）闭合自锁，KM三相主触点闭合，水泵电动机得电起动运转，带动水泵进行抽水；同时指示灯HL_1灭、HL_2亮，说明水泵电动机已运转了。当水池内无水时，探头A、B悬空，小型灵敏继电器KA线圈断电释放，KA的一组常开触点（3－7）断开，切断交流接触器KM线圈的回路电源，KM线圈断电释放，KM三相主触点断开，水泵电动机失电停止运转，水泵停止抽水；同时，指示灯HL_2灭、HL_1亮，说明水泵电动机已停止运转了；同时，KA的另外一组常开触点（1－13）断开，指示灯HL_3灭，说明水池已无水。通过以上控制可有效地起到防止抽水泵空抽现象，起到保护作用。

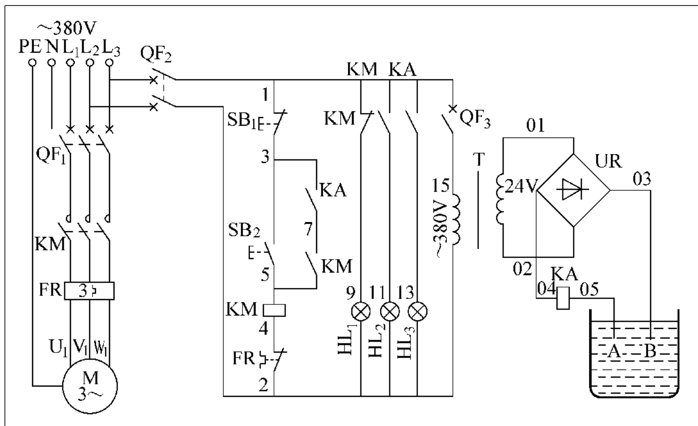


图8-37　防止抽水泵空抽保护电路

2. 现场接线

防止抽水泵空抽保护电路现场接线如图 8-38 所示。

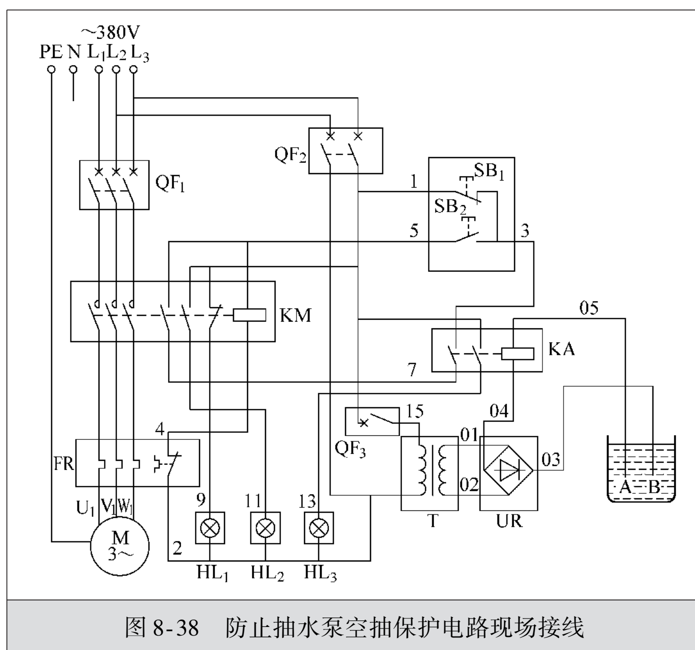


图 8-38　防止抽水泵空抽保护电路现场接线

第 9 章　直流电动机起动与制动控制电路

例 135　直流电动机反接制动控制电路

图 9-1 为直流电动机反接制动控制电路。需进行制动时，按下停止按钮 SB_1，断开常闭触点，使 KM_1 失电释放，而后接通制动接触器 KM_2 电路。KM_2 得电动作，将电枢电源反接，电动机电磁转矩成为制动转矩，使电动机转速迅速下降到接近零时，松开停止按钮 SB_1，制动过程结束，电动机停止工作。

图 9-1　直流电动机反接制动电路

例 136　直流电动机使用变阻器起动控制电路

图 9-2 是直流电动机使用变阻器起动控制电路。接通电源，时间继电器 KT_1 动作，其常闭触点断开。按下起动按钮 SB_2，KM_1 线圈得电动作，其常闭触点断开 KT_1 线圈电路，电动机电枢回路串入全部起动电阻开始起动。电枢电流在 R_1 上产生的压降使时间继电器 KT_2 动作，其常闭触点断开 KM_3 线圈电路。这样经延时，首先 KT_1 延时闭合的常闭触点闭合，KM_2 线圈得电动作，把 R_1 及 KT_2 线圈回路短接起来，电动机只串入 R_2 部分，速度逐渐提高。又经延时后，KT_2 延时闭合的常闭触点闭合，KM_3 得电动作，把 R_2 也短接起来，电动机电枢在额定电压下工作，

起动全过程结束。

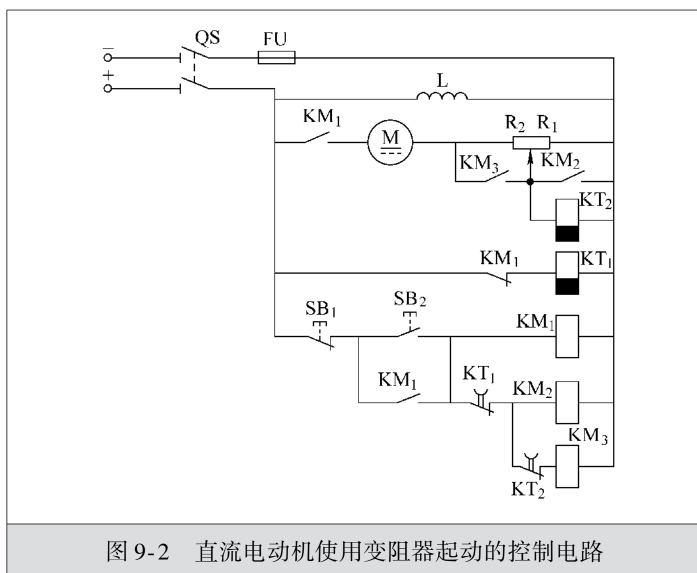


图 9-2　直流电动机使用变阻器起动的控制电路

例 137　直流电动机能耗制动控制电路

图 9-3 是直流电动机能耗制动控制电路。制动时，按下停止按钮 SB_1，接触器 KM_1 失电释放，其常闭触点接通，电压继电器 KM_3 得电动作，其常开触点闭合，使制动接触器 KM_2 得电动作，将制动电阻 R 并联在电枢两端，这时因励磁电流方向未变，电动机产生的转矩为制动转矩，故使电动机迅速停转。当电枢反向电动势低于电压继电器 KM_3 释放电压时，KM_3 释放，使 KM_1 失电释放，制动过程结束。

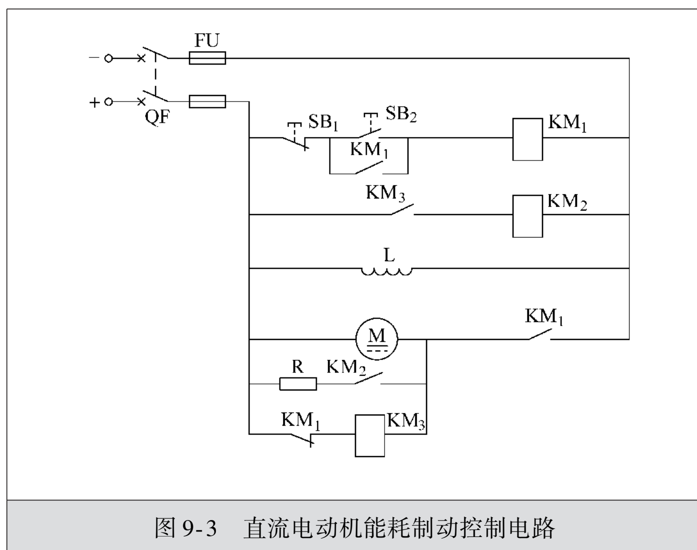


图 9-3　直流电动机能耗制动控制电路

例 138　按时间原则控制直流电动机起动电路

图 9-4 是按时间原则控制直流电动机起动电路。闭合 QS，按下起动按钮 SB_2，接触器 KM_3 得电动作，其常开触点闭合，使电动机电枢回路串入电阻起动。而时间继电器 KT_1 也同时得电动作，其常开触点经延时闭合，使 KM_1 得电动作，从而将 R_1 短接，电动机加速。这时，时间继电器 KT_2 也得电动作，其常开触点延时闭合，使 KM_2 得电动作，又将 R_2 短接。这样，起动过程终告结束。

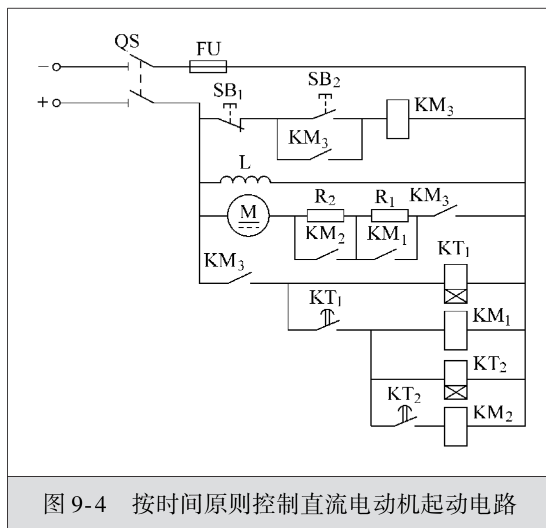


图 9-4　按时间原则控制直流电动机起动电路

例 139　按速度原则控制直流电动机起动电路

图 9-5 是按速度原则控制直流电动机起动电路。

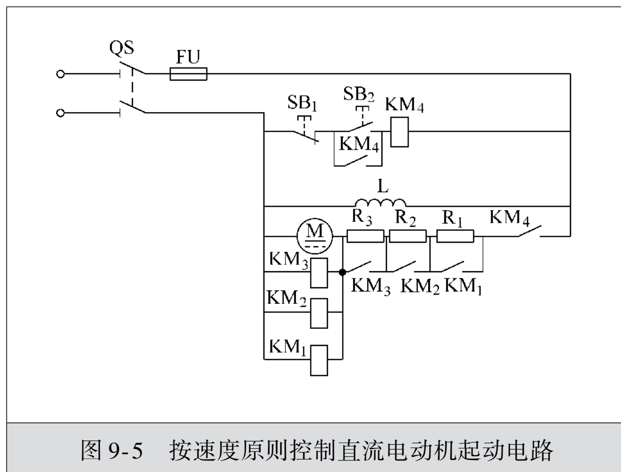


图 9-5　按速度原则控制直流电动机起动电路

闭合 QS，按动起动按钮 SB_2 后，电动机电枢串入全部电阻开始起动，随着转速的上升，反向电动势增大，电枢两端电压逐渐提高，使 KM_1、KM_2、KM_3 按顺序依次动作，将 R_1、R_2、R_3 电阻逐个短接。

KM_1、KM_2、KM_3 根据实际直接电动机电压的需要选取不同的线圈吸合电压，要求满足 $U_{KM_1} < U_{KM_2} < U_{KM_3}$。当所有电阻被切除后，电动机就从起动过程过渡到正常运转过程。

例 140　按电流原则控制直流电动机起动电路

图 9-6 是按电流原则控制直流电动机起动电路。闭合 QS，按下起动按钮 SB_2，接触器 KM_3 得电动作，其常开触点闭合，电动机电枢回路串入电阻 R 起动。同时，KM_1 动作，其常闭触点断开。当电动机转速升高使电枢电流下降时，KM_1 释放，其常闭触点闭合，KM_2 得电线圈动作，常开触点闭合，把电阻 R 短接，电动机在额定电压下正常运转。采用延时继电器 KT 是为了防止起动开始时，电阻 R 被 KM_2 短接。

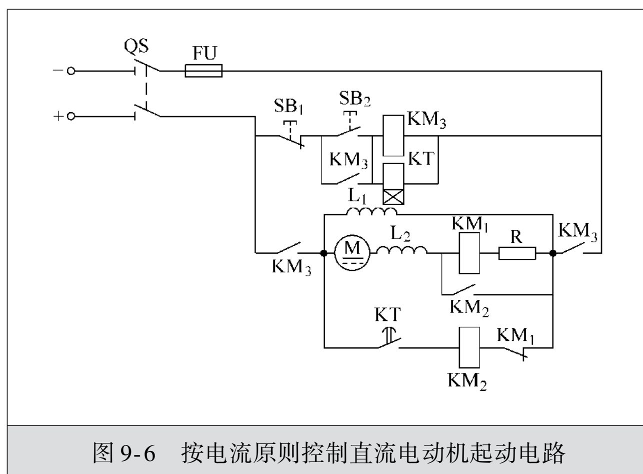


图 9-6　按电流原则控制直流电动机起动电路

第 10 章　其他控制电路

例 141　甲乙两地同时开机控制电路

1. 工作原理

甲乙两地同时开机控制电路如图 10-1 所示。

在甲地按下起动按钮 SB_3不放手，SB_3的一组常开触点（5－7）闭合，为乙地起动时按下起动按钮 SB_4同时开机做准备；SB_3的另一组常开触点（11－13）闭合，预警电铃 HA 响，预警灯 HL 亮，以告知乙地需同时开机。当乙地听到或看到甲地发出的预警信号后，按下乙地起动按钮 SB_4，SB_4的一组常开触点（7－9）闭合。这样，SB_3、SB_4的两组常开触点（5－7、7－9）均闭合时，才能使交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点（5－9）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。

2. 现场接线

甲乙两地同时开机控制电路现场接线如图 10-2 所示。

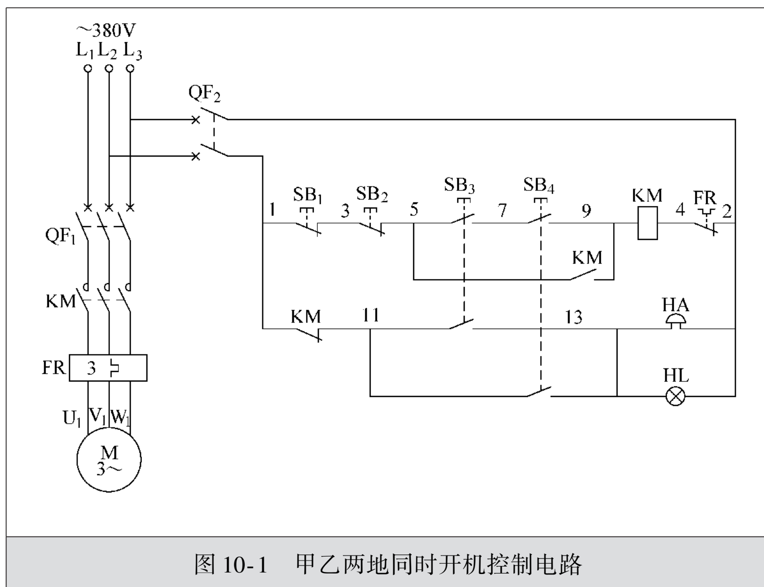


图 10-1　甲乙两地同时开机控制电路

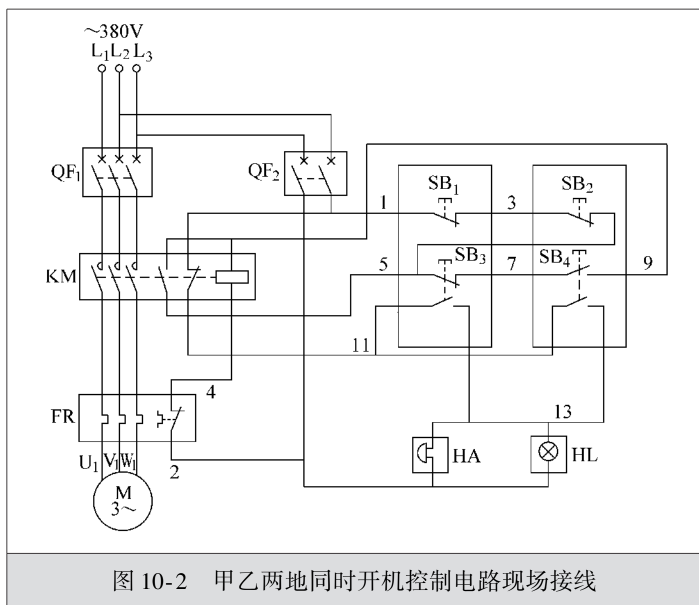


图 10-2　甲乙两地同时开机控制电路现场接线

例 142　低电压情况下交流接触器起动电路

1. 工作原理

低电压情况下交流接触器起动电路如图 10-3 所示。当供电电压正常时，将选择开关 SA 置于正常位置。

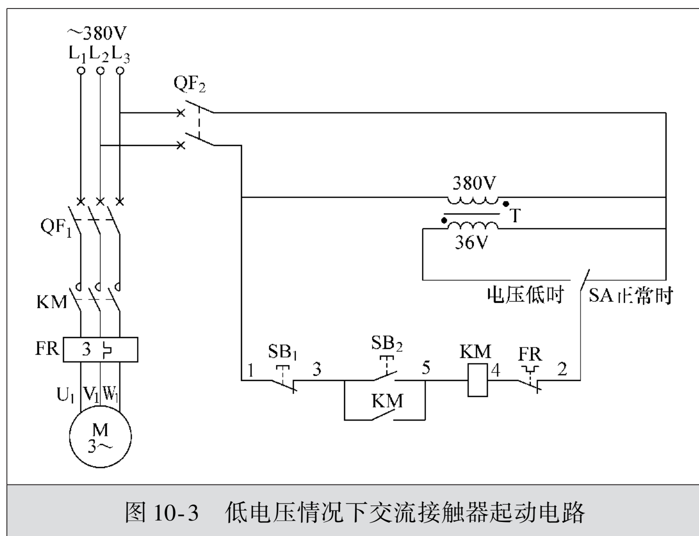


图 10-3　低电压情况下交流接触器起动电路

起动时，按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电正常运转。

当供电电压过低时，将选择开关 SA 置于电压低位置。这时，变压器 T 的一次、二次绕组为同名端连接，其电压为一次、二次电压之和，此电压大于供电电压，足以使交流接触器 KM 线圈吸合而正常工作。

2. 现场接线

低电压情况下交流接触器起动电路现场接线如图 10-4 所示。

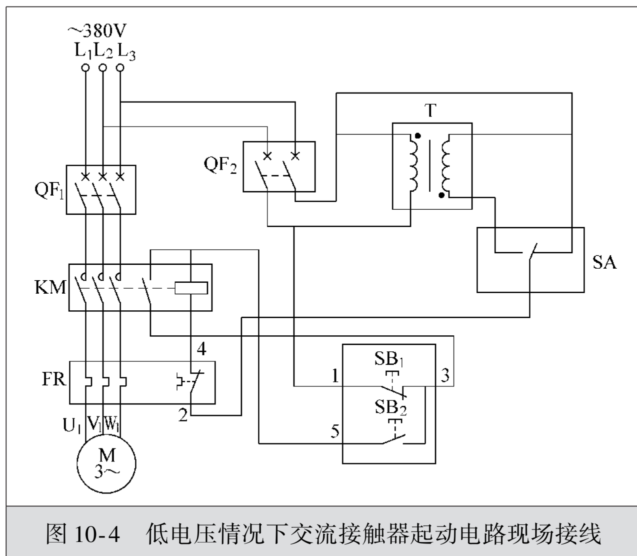


图 10-4　低电压情况下交流接触器起动电路现场接线

例 143　电动门控制电路

1. 工作原理

电动门控制电路如图 10-5 所示。

开门时，按下开门起动按钮 SB_2，首先 SB_2 的一组常闭触点（3－13）断开，起互锁作用；SB_2 的另一组常开触点（3－5）闭合，使交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1 辅助常闭触点（17－19）断开，起互锁作用；KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转，电动门开始缓慢打开。当电动门全部打开到位碰触到限位开关 SQ_1 时，SQ_1 常闭触点（7－9）断开，切断交流接触器 KM_1 线圈的回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电停止运转，电动门打开到位停止。按下开门起动按钮 SB_2 后，若需中途停止，按下停止按钮 SB_1 即可实现。

关门时，按下关门起动按钮 SB_3，首先 SB_3 的一组常闭触点（5－7）断开，起到互锁作用；SB_3 的另一组常开触点（13－15）闭合，使交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点（13－15）闭合自锁，KM_2 辅助常闭触点（9－11）断开，起到互锁作用；KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转，电动门开始缓慢关闭。当电动门全部关闭到位碰触到限位开关 SQ_2 时，SQ_2 常闭触点（15－17）断开，切断

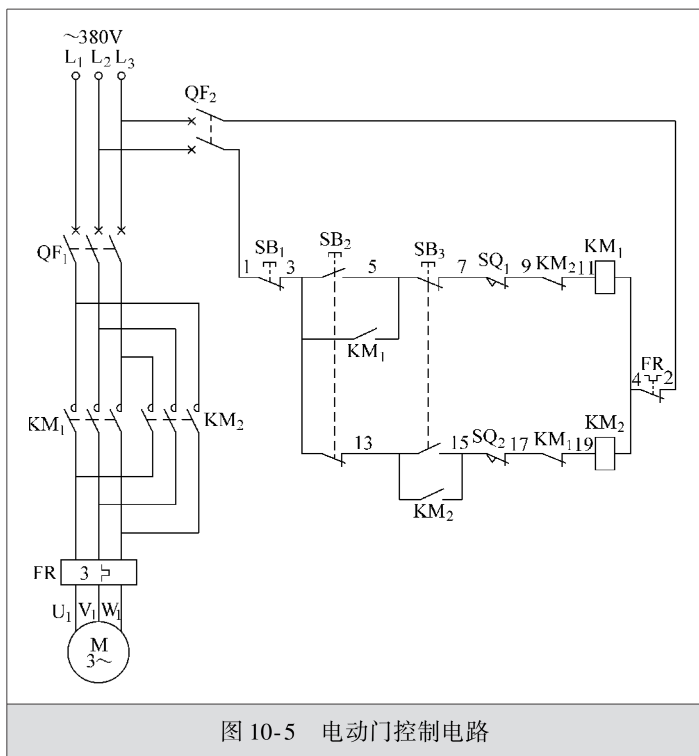


图 10-5　电动门控制电路

交流接触器 KM_2线圈的回路电源，KM_2线圈断电释放，KM_2三相主触点断开，电动机失电停止运转，电动门关闭到位停止。按下关门起动按钮 SB_3后，若需中途停止，按下停止按钮 SB_1即可实现。

2. 现场接线

电动门控制电路现场接线如图 10-6 所示。

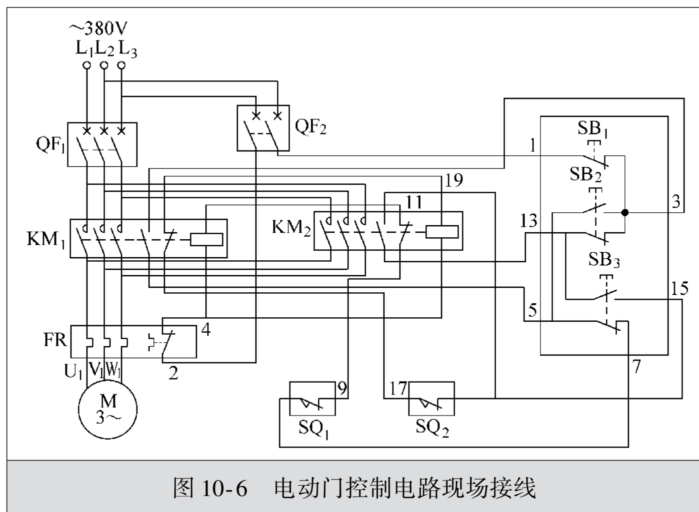


图 10-6　电动门控制电路现场接线

例 144 空调机组循环泵延时自动停机控制电路

1. 工作原理

空调机组停机后，仍需让循环泵继续循环一段时间再停机，这通常需要人工完成。本电路利用一只得电延时时间继电器 KT 及一只复位式二挡转换开关 SA 完成自动延时停机控制。电路如图 10-7 所示。合上断路器 QF_1、QF_2，电源兼停止指示灯 HL_1亮，说明电源正常。

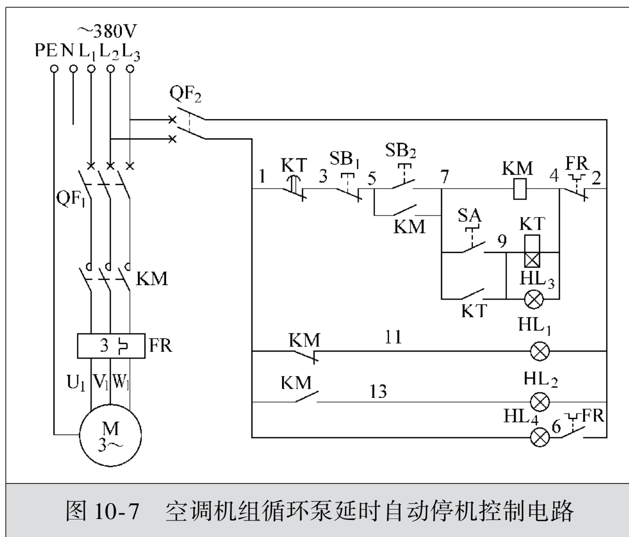


图 10-7 空调机组循环泵延时自动停机控制电路

（1）循环开机

按下起动按钮 SB_2(5－7)，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 辅助常开触点（5－7）闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动运转。同时，KM 辅助常闭触点（1－11）断开，指示灯 HL_1灭；KM 辅助常开触点（1－13）闭合，指示灯 HL_2亮，说明循环泵已起动运转了。

（2）无定时人工停机

按下停止按钮 SB_1(3－5)，交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转。同时，KM 辅助常开触点（1－13）断开，指示灯 HL_2灭；KM 辅助常闭触点（1－11）闭合，指示灯 HL_1亮，说明循环泵已停止运转了。

（3）定时自动停机

若循环泵在运转后需定时自动停机，可将复位式转换开关 SA 置于闭合状态后松手（又恢复到原始常开状态）。此时，得电延时时间继电器 KT 线圈得电，KT 不延时瞬动常开触点（7－9）闭合自锁，KT 开始延时。同时，延时指示灯 HL_3亮，说明开始定时停机了。

经 KT 延时后，KT 得电延时断开的常闭触点（1－3）断开，切断交流接触器 KM 和得电延时时间继电器 KT 线圈的回路电源，KM、KT 线圈断电释放，KM 三相

主触点断开，电动机失电停止运转。同时，指示灯 HL_2、HL_3灭，HL_1亮，说明循环泵定时停机了。

HL_4为电动机过载指示灯，当电动机过载时被点亮。

2. 现场接线

空调机组循环泵延时自动停机控制电路现场接线如图 10-8 所示。

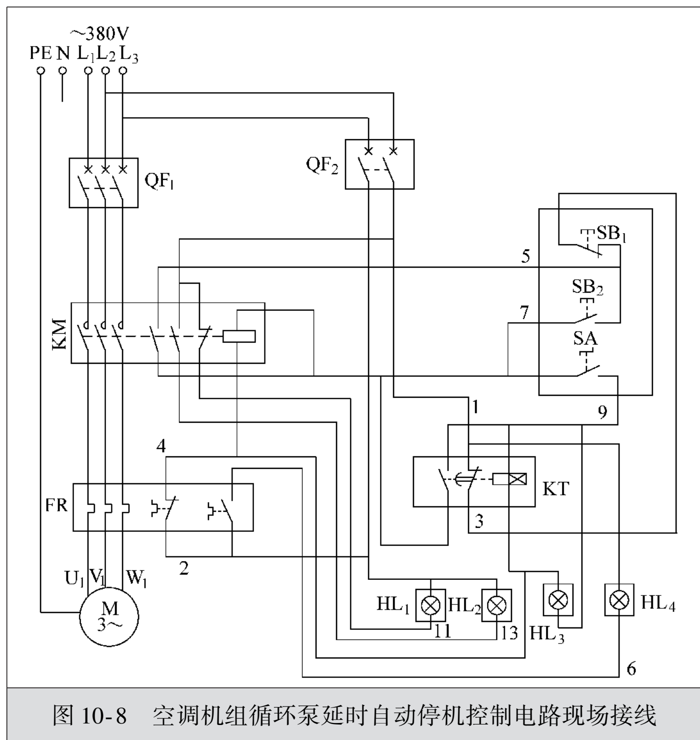


图 10-8　空调机组循环泵延时自动停机控制电路现场接线

例 145　双路熔断器起动控制电路

1. 工作原理

通常电路中的运转熔断器 FU_1的熔断电流稍大于电动机的额定电流；而起动熔断器 FU_2的熔断电流为电动机额定电流的 2 倍。

双路熔断器起动控制电路如图 10-9 所示。起动时，按下起动按钮 SB_2（1－3），交流接触器 KM_1和得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KM_1的一组辅助常开触点（1－3）闭合自锁，KT 开始延时。与此同时，KM_1三相主触点闭合，先将起动用熔断器 FU_2投入起动电路中进行起动，KM_1的另一组辅助常开触点（1－7）闭合，接通了交流接触器 KM_2线圈的回路电源，使 KM_2线圈得电吸合且 KM_2辅助常开触点（1－7）闭合自锁，KM_2三相主触点闭合，电动机得电进行起动。经 KT 一段延时后，也就是电动机串起动熔断器 FU_2正常起动之后，需转为正常运转时，KT 得电延时断开的常闭触点（3－5）断开，切断 KM_1和 KT 线圈的回路电源，

KM_1和 KT 线圈断电释放，KM_1三相主触点断开，切除起动熔断器 FU_2，使其退出运行，这样，运转熔断器 FU_1投入电路正常运转工作。

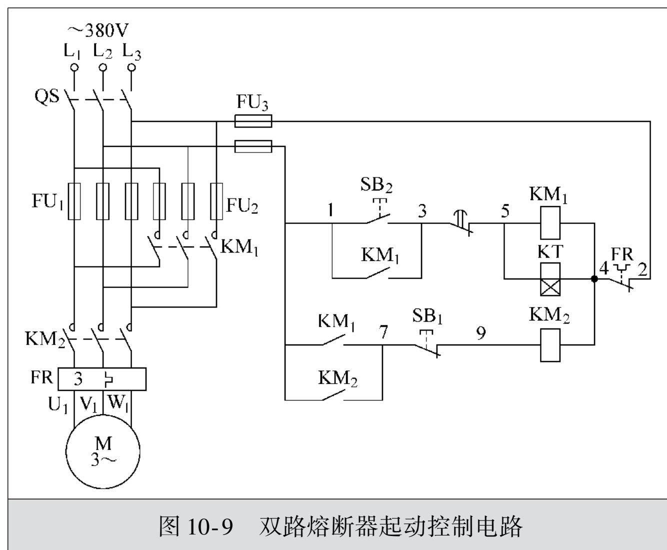


图 10-9　双路熔断器起动控制电路

停止时，按下停止按钮 SB_1（7－9），切断交流接触器 KM_2线圈的回路电源，KM_2线圈断电释放，KM_2三相主触点断开，电动机失电停止运转。

2. 现场接线

双路熔断器起动控制电路现场接线如图 10-10 所示。

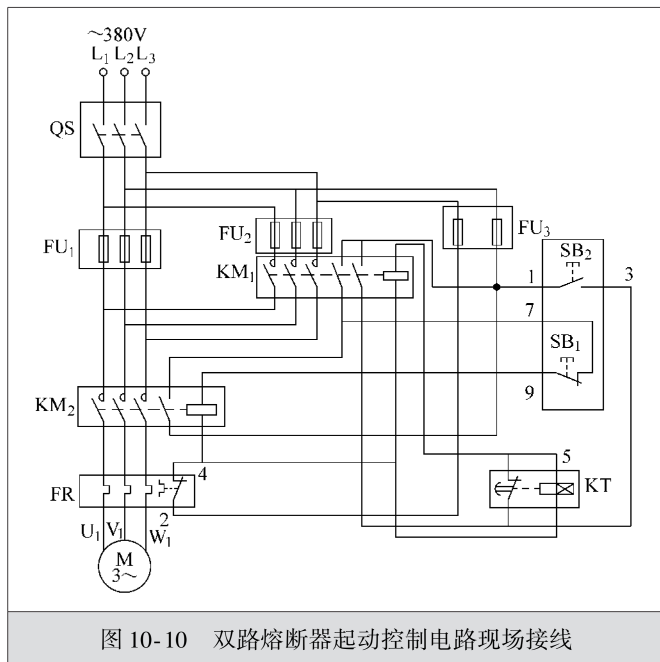


图 10-10　双路熔断器起动控制电路现场接线

例 146　GYD 系列空气压缩机气压自动开关电路

1. 工作原理

当空气压缩机工作时，压缩空气从储气罐进入气压自动开关。气压自动开关的闭合与断开是按预先调整后的压力动作的，在空气压缩机正常运转时，开关是闭合的，当存气筒压力达到预定压力时，由压缩空气顶动橡皮，通过跳桥使弹簧跳动，带动跳板，从而使胶木座内动触点与静触点脱开，达到切断电路，使电动机停止运转的目的。反之，当储气罐气压降至一定压力时，又重新起跳，使电路接通，电动机继续运转。开关上设有放气阀，当跳板跳动时，压下顶杆，使放气阀打开，达到排气目的，使第二次跳动时，减轻电动机负载。

2. 适用范围及特点

GYD 系列气压自动开关适用于电动机功率为 5.5kW 及以下的微型空气压缩机，作控制电动机的起动、运转和停止之用。该开关与电磁起动器或其他合适的继电器连接后，也适用于排气量为 $1m^3/min$ 及以下的微型空气压缩机。

气压自动开关装上空气压缩机配套使用后，可以节省人力，节约电能，延长空气压缩机及电动机的寿命。

GYD20－16/C 型气压自动开关应用非常普遍，也非常方便实用。图 10-11 所示为最简单、最基本的控制电路。合上断路器 QF_1、QF_2，按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点闭合自锁，KM_2 串联在交流接触器 KM_1 线圈回路中的辅助常开触点闭合，为 KM_1 线圈工作提供电源准备。当气压自动开关 S 合上时，通过 S 的通、断动作直接控制交流接触器 KM_1 线圈的吸合与断开，通过 KM_1 三相主触点的接通或断开，使电动机起动或停止。若所控电动机功率较小，去掉所有控制装置将气压开关 S 直接与电动机绕组串联即可，但没有过载保护装置，请使用者选用时参考。为保证安全，最好采用保护装置。图 10-11 中，HL 为电动机过载指示灯。

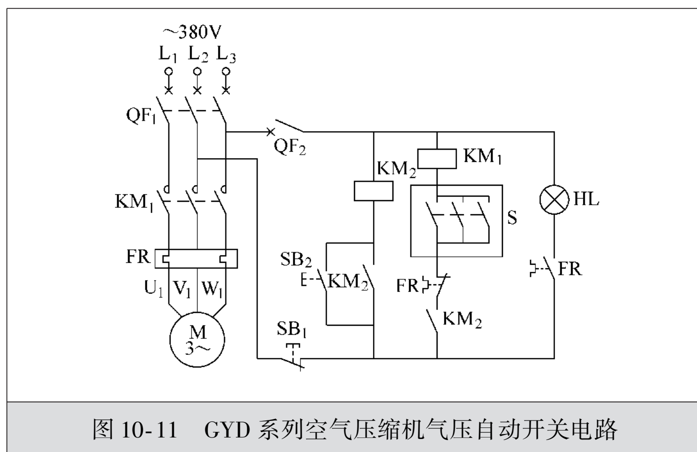


图 10-11　GYD 系列空气压缩机气压自动开关电路

例 147　简易限电器电路

这里介绍的简易限电器应用很广泛，实用性强，如图 10-12 所示。

图 10-12 中，QF_1 为用户保护断路器；QF_2 为控制回路保护断路器；KI 为过电流继电器；KM 为交流接触器；KT 为得电延时时间继电器；SB 为复位按钮；HL 为指示灯。

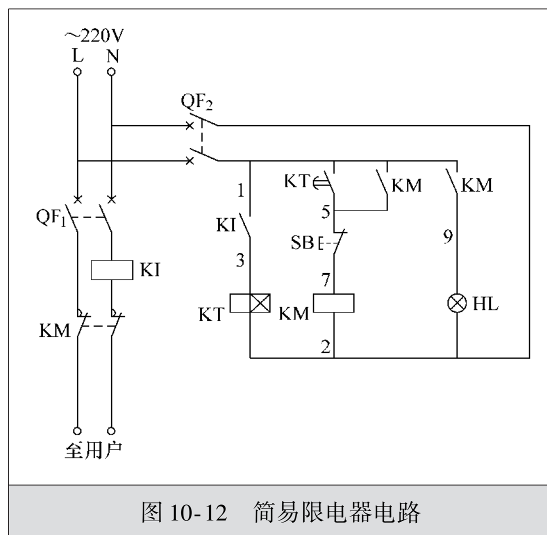


图 10-12　简易限电器电路

合上断路器 QF_1，用户线路有电。

合上控制回路断路器 QF_2，电路处于热备用状态。

当用户负载电流超过过电流继电器动作值时，KI 动作，KI 常开触点（1－3）闭合，得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合并开始延时。若在 KT 延时时间内用户负载降至电流 KI 动作值以下，则 KI 常开触点（1－3）断开，切断得电延时时间继电器 KT 线圈电源，KT 线圈断电释放，不对用户电路进行控制。

当用户负载电流超过过电流继电器 KI 动作值且时间超过 KT 延时整定值时，KT 得电延时闭合的常开触点（1－5）闭合，接通了交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈得电吸合；KM 辅助常开触点（1－5）闭合自锁，KM 串联在用户电源中的常闭触点断开，从而切断用户电源，停止给用户供电，同时 KM 辅助常开触点（1－9）闭合，指示灯 HL 点亮，告知该用户超负载了。

若需恢复供电，只需按下复位按钮 SB(5－7)，交流接触器 KM 线圈就断电释放，KM 辅助常闭触点恢复常闭，重新向用户供电，同时 KM 辅助常开触点（1－9）断开，指示灯 HL 灭。

例 148　变频器控制电动机调速制动电路

变频器控制电动机调速制动电路如图 10-13 所示。

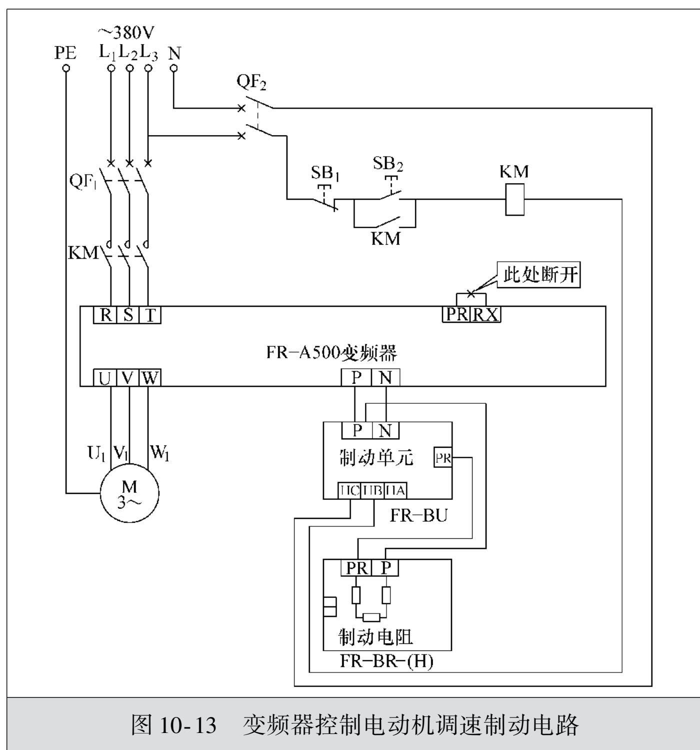


图 10-13　变频器控制电动机调速制动电路

为了提高减速时的制动能力，变频器采用 FR—BU 制动单元和制动电阻 FR—BR—(H)。

连接时，应使变频器端子 P、N 与 FR—BU 制动单元的端子的标志相同，否则会损坏变频器。对于 7.5k 以下型号的，需拆下端子 PR、PX 间的短路片。变频器、制动单元、制动电阻之间的布线距离应在 5m 以内。如果使用双绞线，则可设定在 10m 以内。如果制动单元内的晶体管被破坏（短路），电阻将非常热，有导致起火的可能，因此，在变频器的电源侧安装交流接触器，以便于故障时迅速切断电源。如果电源为 400V 级（380V），则须加装变压器 T。

例 149　用一台软起动器控制两台电动机一开一备

图 10-14 所示电路采用一台软起动器来控制两台电动机一开一备。

先将电源断路器 QF 合上，再将选择开关 S 选择在 Ⅰ 位置，交流接触器 KM_1 线圈得电吸合，指示灯 HL_1 亮，KM_1 三相主触点闭合，说明要选择电动机 M_1 工作。再根据工作需要在软起动器操作键盘上选择起动运行（RUN）、点动（JOG）或停止（STOP）操作。

若起动，则按下按钮 RUN 键，此时软起动器工作，输出端子 U、V、W 有输出电源，软起动器完成软起动，从而使电动机 M_1 平滑起动；若需停止，按下停止按钮 STOP 键即可。

若需备用电动机 M_2 工作，则将选择开关 S 拨至Ⅱ位置上，交流接触器 KM_2 线圈得电吸合，指示灯 HL_2 亮，KM_2 三相主触点闭合，说明要选择电动机 M_2 工作。再按下操作键盘上的起动运行键即可。

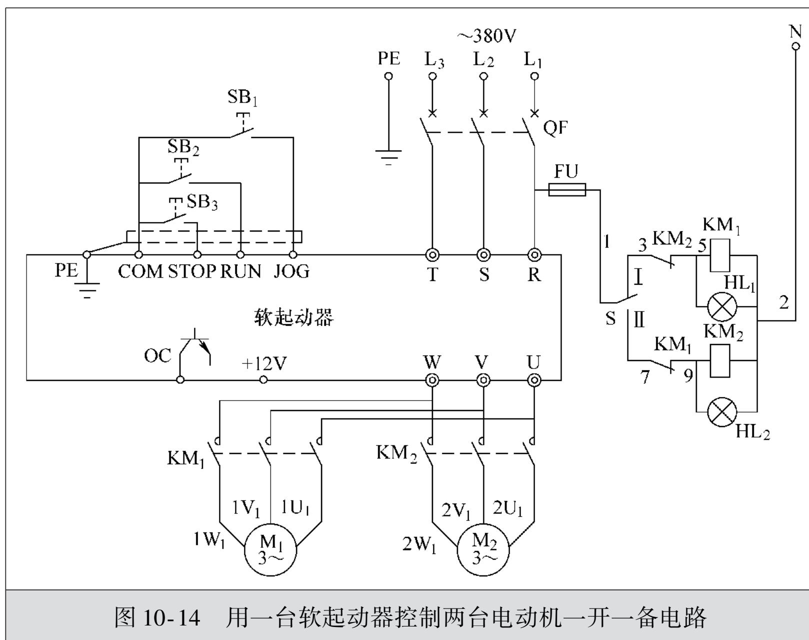


图 10-14　用一台软起动器控制两台电动机一开一备电路

例 150　电动机Y–△节电转换控制

这里介绍电动机Y–△节电转换控制电路，如图 10-15 所示。当操作者将操纵杆设置在空挡位置时，它能延时自动由△联结转为Y联结，起到节电目的。

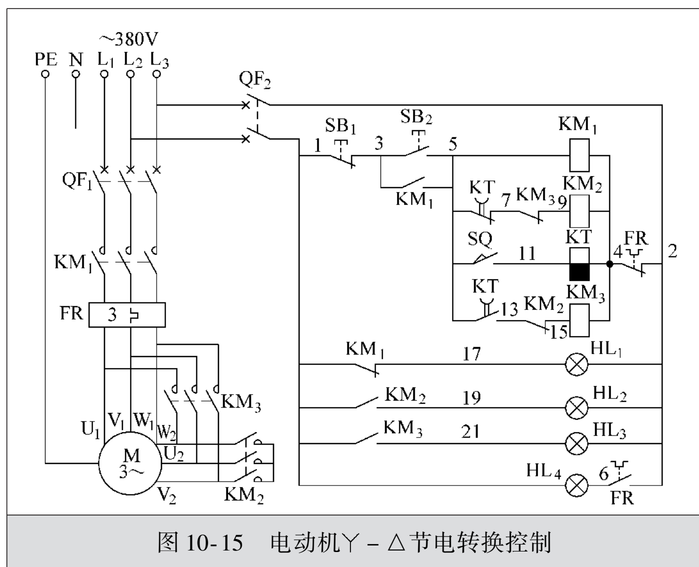


图 10-15　电动机Y–△节电转换控制

合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，电动机停止兼电源指示灯 HL_1 亮，说明电源正常且电动机处于停止状态。起动时，无论操纵杆设置在空载或运行位置，电动机均能起动，只不过是，当操纵杆设置在空载时，电动机为Y联结起动运转；当操纵杆设置在运行位置时，电动机为△联结起动运转。

倘若操纵杆设置在空载起动时，则按下起动按钮 SB_2(3－5)，电源交流接触器 KM_1线圈得电吸合且 KM_1辅助常开触点（3－5）闭合自锁。同时，Y联结交流接触器 KM_2线圈也得电吸合，KM_1、KM_2三相主触点均闭合，电动机绕组接成Y联结运转；同时 KM_1辅助常闭触点（1－17）断开，指示灯 HL_1 灭，KM_2辅助常开触点（1－19）闭合，指示灯 HL_2亮，说明电动机正在进行Y联结运转。若电动机Y联结起动运转后，操作者将操纵杆设置在运行位置上，此时，操纵杆将限位开关 SQ 常开触点（5－11）闭合，接通了失电延时时间继电器 KT 线圈电源，KT 线圈得电吸合工作，KT 串联在 KM_2线圈回路中的失电延时闭合的常闭触点（5－7）瞬时断开，切断了 KM_2线圈回路电源，KM_2线圈断电释放，KM_2三相主触点断开，解除Y点；同时 KT 串联在 KM_3线圈回路中的失电延时断开的常开触点（5－13）瞬时闭合，接通了△联结交流接触器 KM_3线圈回路电源，KM_3线圈得电吸合，KM_3三相主触点闭合，使电动机绕组连接为△联结，电动机△联结运转。与此同时，KM_2辅助常开触点（1－19）断开，指示灯 HL_2灭，KM_3辅助常开触点（1－21）闭合，指示灯 HL_3亮，说明电动机正在进行△联结运转。

在工作中，操作者因其他原因临时停止工作时，一般将操纵杆拉到空挡位置而不停机（因电动机功率较大，一般不停止电动机），这样电动机仍以△联结方式运转，造成大量电能的浪费。

图 10-15 所示电路可以很好地解决这一问题，当操纵杆拉到空挡位置时，限位开关 SQ 常开触点（5－11）断开，切断了失电延时时间继电器 KT 线圈回路电源，KT 线圈断电释放并开始延时，经 KT 延时后（其延时时间可根据实际情况自行设定），KT 串联在△联结交流接触器 KM_3线圈回路中的失电延时断开的常开触点（5－13）断开，切断了 KM_3线圈回路电源，KM_3线圈断电释放，KM_3三相主触点断开，解除△联结。同时，KT 串联在Y联结交流接触器 KM_2线圈回路中的失电延时闭合的常闭触点（5－7）闭合，接通了 KM_2线圈回路电源，KM_2线圈得电吸合，KM_2三相主触点闭合，电动机绕组接成Y联结运转。从而使电动机在空挡时自动由△联结运转改为Y联结运转，这样可节约大量电能。

图 10-15 中，HL_1为电动机停止兼电源指示灯，HL_2为电动机Y联结运转指示灯，HL_3为电动机△联结运转指示灯，HL_4为电动机过载指示灯。

例 151　两台电动机联锁控制电路（1）

有的工作设备操作是有顺序要求的，如起动时，先起动电动机 M_1，再起动电动机 M_2，停止时则无要求。

图 10-16 所示为一种两台电动机联锁控制电路。

起动时，必须先按下起动按钮 SB_2（若不按下 SB_2 而直接按下 SB_4，则操作无效），交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点闭合自锁，其三相主触点闭合，电动机 M_1 得电运转工作。同时交流接触器 KM_1 串联在 KM_2 线圈回路中的辅助常开触点闭合，为 KM_2 工作提供准备条件（实际上就是利用 KM_1 的这个辅助常开触点来完成顺序起动）；再按下起动按钮 SB_4，此时，交流接触器 KM_2 线圈也吸合且 KM_2 辅助常开触点闭合自锁，其三相主触点闭合，电动机 M_2 得电运转工作。

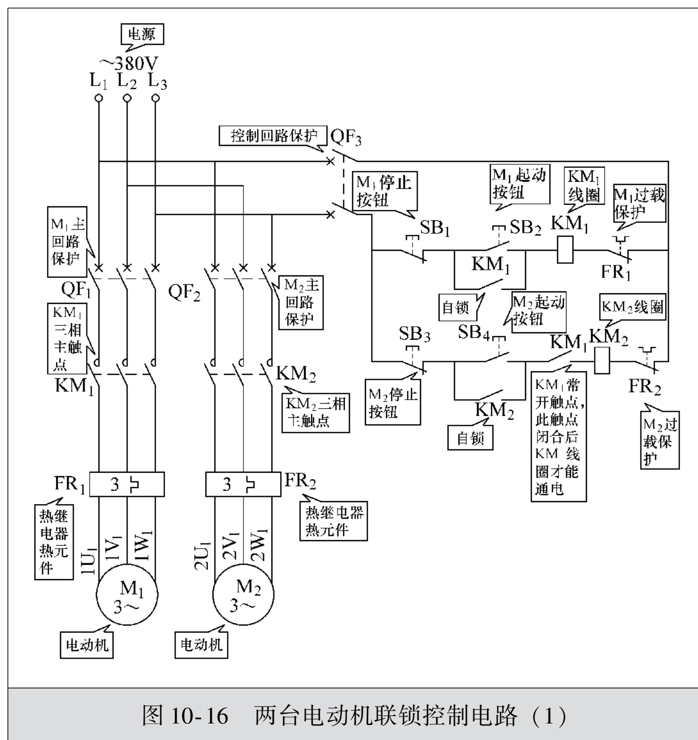


图 10-16　两台电动机联锁控制电路（1）

停止时有以下两种方式。

1）按顺序停止。先按下 SB_3，停止交流接触器 KM_2，使电动机 M_2 先停止；再按下 SB_1，停止交流接触器 KM_1，从而停止电动机 M_1。

2）同时停止。停止时直接按下 SB_1，交流接触器 KM_1、KM_2 线圈同时断电释放，各自的三相主触点均断开，两台电动机 M_1、M_2 同时失电停止工作。

例 152　两台电动机联锁控制电路（2）

有时，一种设备上装有多台电动机来完成一项生产任务，因为电动机各自所起的作用不同，必须按预先设定的动作顺序要求来完成起动或停止，才能确保工作正常进行。例如，纺织机械 BC583 细纱机，要求起动时先起动吸风机后再起动主机

工作，这就要求在设计电路时，按动作要求来完成。

图 10-17 中，M_1为吸风电动机，M_2为主机电动机。

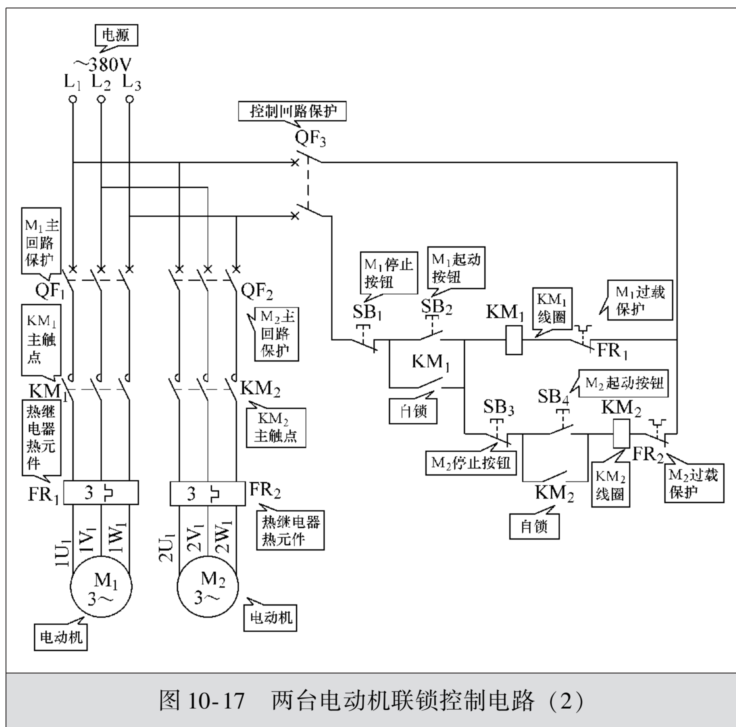


图 10-17　两台电动机联锁控制电路（2）

起动时，必须先按下吸风机起动按钮 SB_2（若直接操作 SB_4则无效），交流接触器 KM_1线圈得电吸合且 KM_1辅助常开触点闭合自锁，因主机控制电路是接在 KM_1自锁常开触点之后，若操作 KM_2则必须在 KM_1辅助常开触点自锁后方可进行。也就是说，必须按顺序先起动电动机 M_1。此时，可进行主机控制操作，按下主机起动按钮 SB_4，交流接触器 KM_2线圈得电吸合且 KM_2辅助常开触点闭合自锁，其三相主触点闭合，主机电动机 M_2得电运转工作。

停止时有两种方式：一种是先停止主机 M_2后，再停止吸风电动机 M_1，也就是说，必须先按下主机电动机停止按钮 SB_3后，再按下吸风电动机停止按钮 SB_1，这样，停止时先停止主机电动机 M_2后再停止吸风电动机 M_1，停止顺序与起动顺序相反；另一种停止方式就是直接按下停止按钮 SB_1，此时，两台电动机都停止工作。

例 153　电动机起动时间过长造成过载保护动作的电路

有很多电动机或风机在起动时，由于起动时间过长，致使过载保护热继电器动作，造成起动失败。

为解决上述问题，图 10-18 所示电路采用在起动时先用交流接触器 KM_2 三相

主触点将过载保护热继电器三相热元件分别短接起来，使电动机能顺利起动，当电动机起动完毕转为正常运转后，通过时间继电器 KT 的延时自动将交流接触器 KM_2 线圈电源切断，使 KM_2 三相主触点断开，将热继电器热元件串入电动机电路中，起过载保护作用。

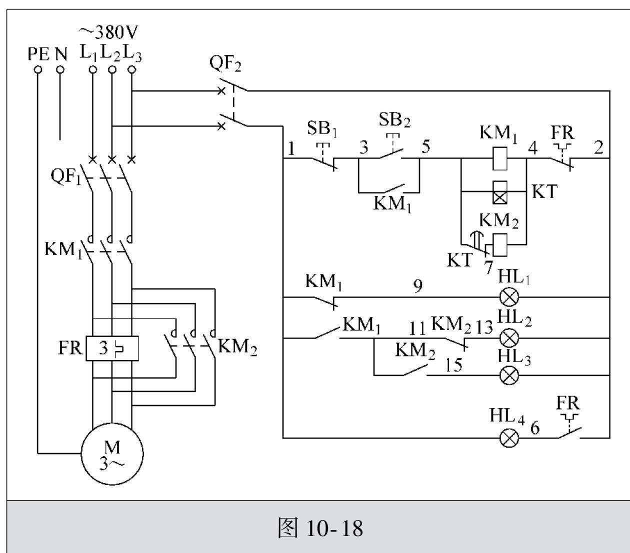


图 10-18

合上主回路断路器 QF_1、控制回路断路器 QF_2，电动机停止兼电源指示灯 HL_1 亮，说明电源正常。

起动时，按下起动按钮 SB_2（3－5），交流接触器 KM_1、KM_2、得电延时时间继电器 KT 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，接通电动机三相电源，电动机得电运转工作；同时 KM_2 三相主触点闭合，将热继电器 FR 热元件分别短接了起来，使热继电器在电动机起动时不投入电路工作。经得电延时时间继电器 KT 一段延时后，KT 延时断开的常闭触点（5－7）断开，切断了交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈断电释放，KM_2 三相主触点恢复常开，解除对热继电器热元件 FR 的短接，使 FR 在电动机起动运转后再串入电动机绕组回路中，起过载保护作用。在电动机起动时，由于交流接触器 KM_1、KM_2 线圈得电吸合，KM_1 辅助常闭触点（1－9）断开，电源兼电动机停止指示灯 HL_1 灭，KM_1、KM_2 辅助常开触点（1－11、11－15）均闭合，起起指示灯 HL_3 亮，说明电动机正在进行起动；待电动机起动完毕后，KM_2 辅助常开触点（11－15）断开，KM_2 辅助常闭触点（11－13）闭合，起动指示灯 HL_3 灭，运转指示灯 HL_2 亮，说明热继电器已投入工作，起动过程结束，电动机正常运转工作。

例 154　用三只欠电流继电器作电动机断相保护

图 10-19 所示电路采用三只欠电流继电器来作为三相异步电动机的断相保护，

其工作原理如下。

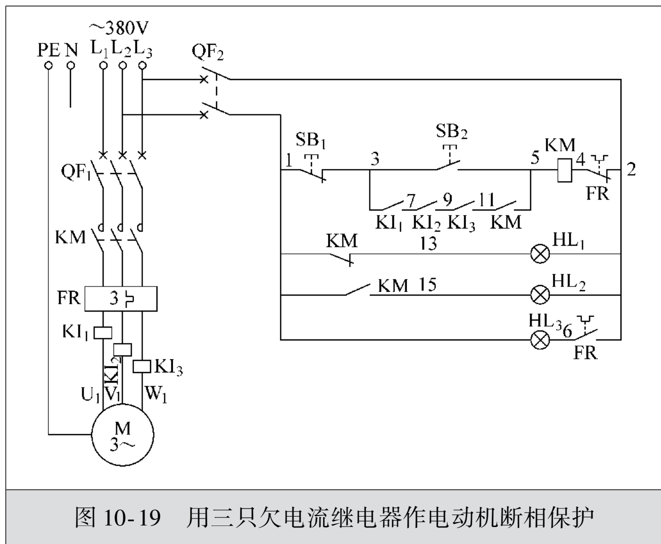


图 10-19　用三只欠电流继电器作电动机断相保护

起动前，合上主回路断路器 QF_1，控制回路断路器 QF_2，指示灯 HL_1 亮，说明电路电源正常。

起动时，按下起动按钮 SB_2(3－5)，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动；当电动机电流大于欠电流继电器 KI_1、KI_2、KI_3 整定电流时（其电流为电动机正常运行电流），欠电流继电器 KI_1、KI_2、KI_3 线圈吸合动作，其三只欠电流继电器的常开触点 KI_1（3－7）、KI_2（7－9）、KI_3（9－11）均闭合，与已闭合的 KM 辅助常开触点（5－11）共同形成自锁回路，使交流接触器 KM 线圈继续得电吸合工作，电动机继续得电运转。同时指示灯 HL_1 灭，HL_2 亮，说明电动机已起动运行。

当发生断相时，接在断相上的欠电流继电器线圈将会断电释放，其串联在交流接触器 KM 线圈回路中的常开触点断开，使交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机断电停止运转，从而起到断相保护作用。同时指示灯 HL_2 灭、HL_1 亮，说明电动机已停止运行。

当电动机出现短路时，主回路断路器 QF_1 将动作脱扣，从而切断电动机电源。

当电动机出现过载时，热继电器 FR 动作，其常闭触点（2－4）断开，切断 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，使电动机脱离三相电源而停止；同时 FR 常开触点（2－6）闭合，指示灯 HL_3 亮，说明电动机已过载了。

例 155　采用安全电压控制电动机起停电路

图 10-20 所示为采用安全电压控制电动机起停电路。

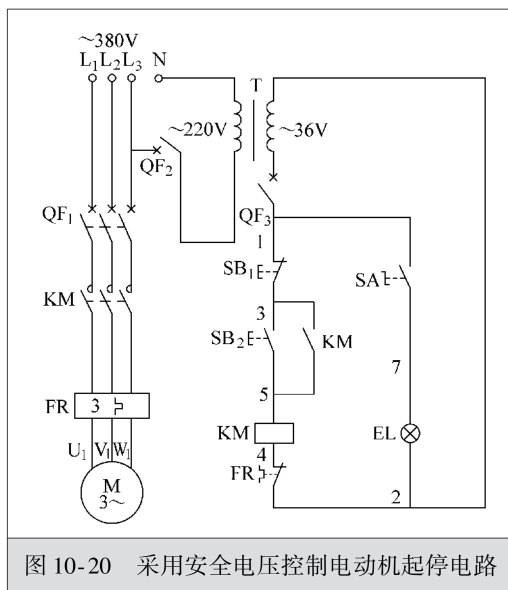


图 10-20　采用安全电压控制电动机起停电路

按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机 M 得电运转，拖动设备工作。

按下停止按钮 SB_1，交流接触器 KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机 M 失电停止运转，拖动设备停止工作。

合上工作灯控制转换开关 SA，工作灯 EL 亮。

例 156　变频器控制电动机正反转调速电路

很多变频器控制电动机正反转调速电路，通常都利用交流接触器来实现其正转、反转、停止，以及外接信号的控制，其优点是动作可靠、线路简单、工矿企业电工人员都能掌握。

如图 10-21 所示，若需要正转时，则按下正转起动按钮 SB_1(1－3)，此时交流接触器 K_1 线圈得电吸合且 K_1 辅助常开触点（3－5）闭合自锁，同时 K_1 常开触点（19－21）闭合，将 FR 与 COM 连接起来，变频器正相序工作，控制电动机正转运行；欲需停止时，则按下停止按钮 SB_3(1－3)，此时，交流接触器 KM_1 线圈断电释放，K_1 常开触点（19－21）断开 FR 与 COM 的连接，使变频器停止工作，电动机断电停止运转。

若需要反转时，则按下反转起动按钮 SB_2(3－9)，此时交流接触器 K_2 线圈得电吸合且 K_2 辅助常开触点（3－9）闭合自锁，同时 K_2 常开触点（19－23）闭合，将 RR－COM 连接起来，变频器反相序工作，控制电动机反转运行；欲需停止时，则按下停止按钮 SB_3(1－3)，此时，交流接触器 KM_2 线圈断电释放，K_2 常开触点（19－23）断开 RR－COM 的连接，使变频器停止工作，电动机断电停止运转。

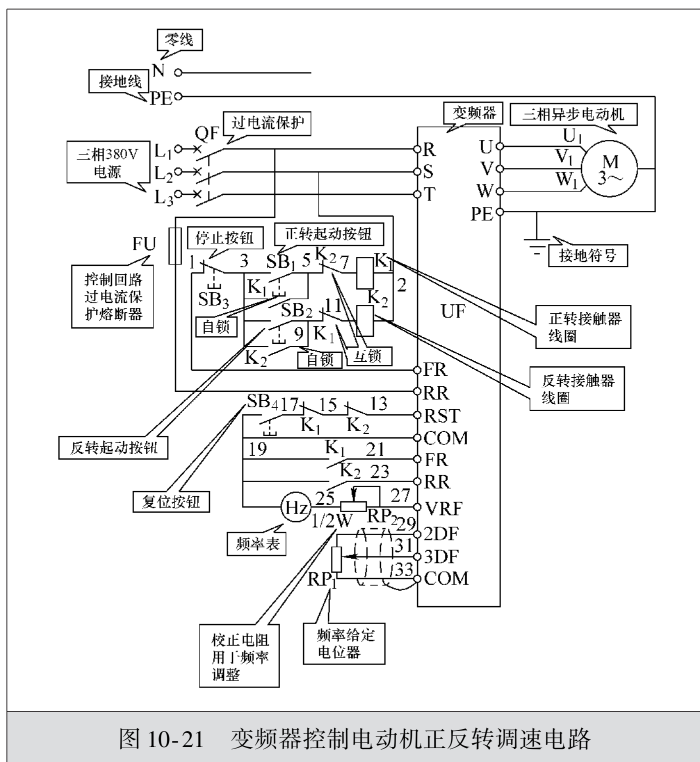


图 10-21　变频器控制电动机正反转调速电路

因电路中正反转交流接触器线圈回路中各串联了对方接触器的互锁常闭触点，以保证在正反转操作时，不会出现两只交流接触器同时工作的现象，起到互锁保护作用。

当需要正常停机或出现事故停机时，复位端子 RST－COM（13－19）断开，变频器发出报警信号。此时按下复位按钮 SB_4（17－19），将 RST 与 COM 端子连接起来，报警即可解除。

图中，QF 为保护断路器；FU 为控制回路熔断器；K_1 为正转控制交流接触器；K_2 为反转控制交流接触器；SB_1 为停止按钮；SB_2 为正转起动按钮；SB_3 为反转起动按钮；SB_4 为复位按钮；Hz 为频率表；RP_1 为 1kΩ、2W 的线绕式频率给定电位器；RP_2 为 10kΩ、1/2W 校正电阻用于频率调整。

例 157　采用速饱和电流互感器作电动机断相保护电路

图 10-22 所示是采用速饱和电流互感器对大容量电动机进行断相保护电路。

从图中可以看出，速饱和电流互感器 TA 的一次侧的三只线圈分别串联在电动机三相绕组回路中，其一次线圈头尾串接成一个开口三角形。

合上主回路断路器 QF_1，控制回路断路器 QF_2，电动机停止兼电源指示灯 HL_1 亮，说明电动机已处于停止状态且电路电源正常。

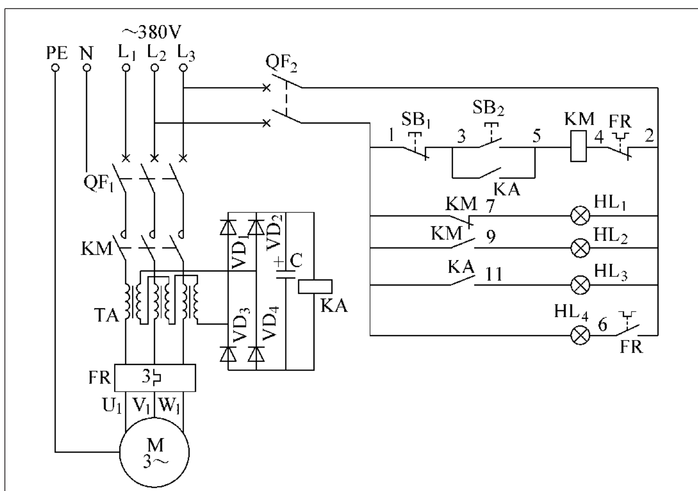


图 10-22　采用速饱和电流互感器作电动机断相保护电路

起动时，按下起动按钮 SB_2(3－5)，交流接触器 KM 线圈得电吸合，KM 三相主触点闭合，电动机得电起动，此时若三相电源电流平衡时，速饱和电流互感器 TA 将感应出三倍频电压并经整流二极管 VD_1 ~ VD_4 整流、滤波电容 C 滤波后得以直流电源，使小型直流灵敏继电器线圈得电吸合，KA 常开触点（3－5）闭合，将交流接触器 KM 线圈自锁起来。电动机得电继续运转。同时，KM 辅助常闭触点（1－7）断开，指示灯 HL_1 灭，KM 辅助常开触点（1－9）闭合，指示灯 HL_2 亮，说明电动机已运转了。与此同时，KA 的另一对常开触点（1－11）闭合，使指示灯 HL_3 发光，说明三相电源正常（不断相）。

当电源出现断相时，速饱和电流互感器的其他两相的线电流相位相反，合成电流等于零，使小型直流灵敏继电器 KA 线圈断电释放，KA 常开触点（3－5）断开，切断了交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，从而起到断相保护作用。同时，KM 辅助常开触点（1－9）断开，指示灯 HL_2 灭，KM 辅助常闭触点（1－7）闭合，指示灯 HL_1 亮，KA 常开触点（1－11）断开，指示灯 HL_3 灭，说明电动机已停止运转。

图中 HL_1 为电动机停止兼电源指示灯；HL_2 为电动机运转指示灯；HL_3 为三相电源不断相正常工作指示灯；HL_4 为电动机过载指示灯，当电动机出现过载时，此灯亮。

例 158　JZF 型正反转自动控制器应用电路

在很多实际生产生活中需要有这样的要求：生产设备能完成正转→停止→反转→停止→正转循环。现实生活中的洗衣机、建筑工地上使用的搅拌机、食堂用的和面机等，有时为了方便可自制控制电路，这就需要采用多只时间继电器来进行控制，但电器元件多、费用很高、电工维修也较困难。

实际上国内早已有很多类似的成型产品，可直接选用，非常方便。如 JZF－01 型正反转自动控制器，其接线方式如图 10-23 所示。

该控制器实际上就是一个正反转自动控制器，选型时应特别注意：JZF－01 型正反转自动控制器延时时间为固定式，即正转 25s→停止 5s→反转 25s 循环，不可改变时间。

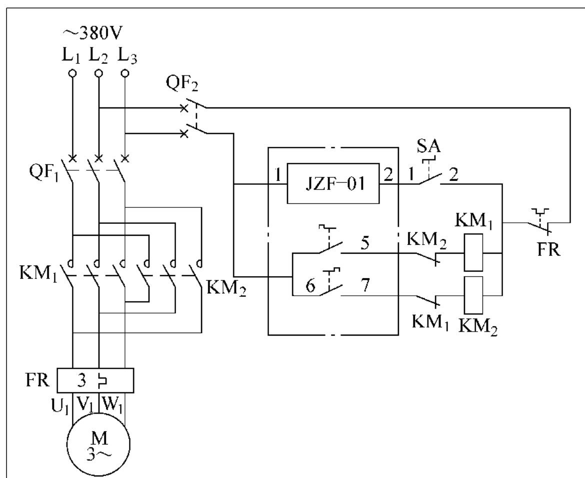


图 10-23　JZF－01 正反转自动控制器应用电路

例 159　防止相间短路的正反转控制电路（1）

图 10-24 所示为防止相间短路的正反转控制电路。

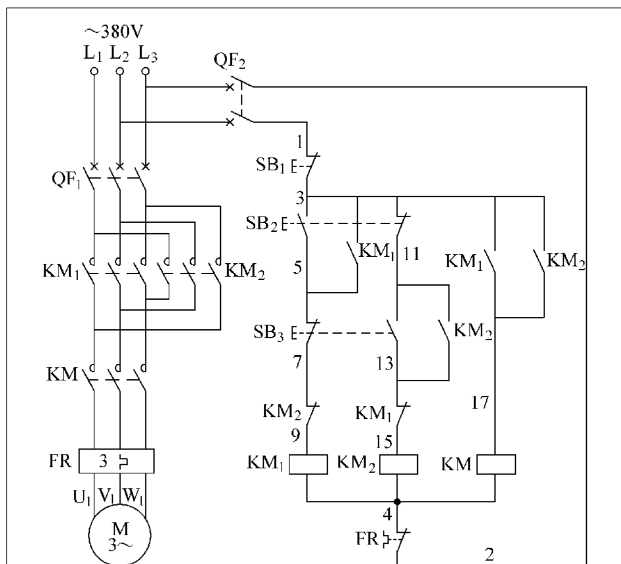


图 10-24　防止相间短路的正反转控制电路（1）

本电路与常用的具有按钮常闭触点互锁、接触器常闭触点互锁基本相同，不同的是分别利用 KM_1 或 KM_2 的一对辅助常开触点来控制交流接触器 KM 的线圈电源，使其在选择好正转或反转之后再将 KM 投入进去，以此延长正反转选择后与电动机电源的转换时间，达到防止相间短路的目的。从主回路看，正转交流接触器 KM_1 与反转交流接触器 KM_2 是并联关系（但需换相），再与交流接触器 KM 相串联，这样从电路中不难看出，正转时先 KM_1 工作，再 KM 工作；而反转时则先 KM_2 工作，再 KM 工作，以延长其转换时间。

1. 正转起动

按下正转起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常闭触点断开，切断反转交流接触器 KM_2 线圈回路，起到互锁作用；SB_2 的另外一组常开触点闭合，接通了正转交流接触器 KM_1 线圈电源，KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点闭合自锁，KM_1 三相主触点先闭合（说明已正转选择完成），同时 KM_1 辅助常开触点闭合，再接通延长转换时间用交流接触器 KM 线圈电源，KM 三相主触点随后紧跟着也闭合（就是利用 KM_1 与 KM 之间的转换时间来防止相间短路事故的发生），这时电动机绕组才会得以三相交流 380V 电源而正常运转。

2. 反转起动

当电动机处于正转后，欲需进行反转起动时，则不需按下停止按钮 SB_1，直接按动反转起动按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点断开，切断了正转交流接触器 KM_1 线圈回路电源，KM_1 线圈断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电正转停止；与此同时延长转换时间用交流接触器 KM 线圈也断电释放，KM 三相主触点断开，为下一次重新工作做准备。在按下反转起动按钮 SB_3 的同时，SB_3 的另外一组常开触点闭合，接通了反转交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合（说明已反转选择完成，此时因延长转换时间用交流接触器 KM 动作滞后于 KM_2，所以在 KM_2 先闭合时是不带负载的，不会出现正反转换相时的弧光相间短路问题），同时 KM_2 辅助常开触点闭合，再接通延长转换时间用交流接触器 KM 线圈电源，KM 三相主触点随后紧跟着也闭合，才会给电动机提供三相交流 380V 电源，这时电动机绕组得电反转。

注意，当电动机处于反转后，欲需进行正转起动时，与反转起动操作相同。

例 160　防止相间短路的正反转控制电路（2）

图 10-25 所示为防止相间短路的正反转控制电路。

1. 正转起动

按下正转起动按钮 SB_2，SB_2 的一组常闭触点断开，切断反转交流接触器 KM_2

线圈回路，起到互锁作用；SB_2 的另一组常开触点闭合，正转交流接触器 KM_1 线圈得电吸合且 KM_1 辅助常开触点闭合自锁，KM_1 三相主触点闭合，电动机得电正转起动。在电动机得电运转的同时，中间继电器 KA 线圈得电吸合，KA 分别串联在正转起动回路或反转起动回路中的两只常闭触点断开，将限制正转起动按钮 SB_2 或反转起动按钮 SB_3 的起动操作，但不影响电路的停止工作。

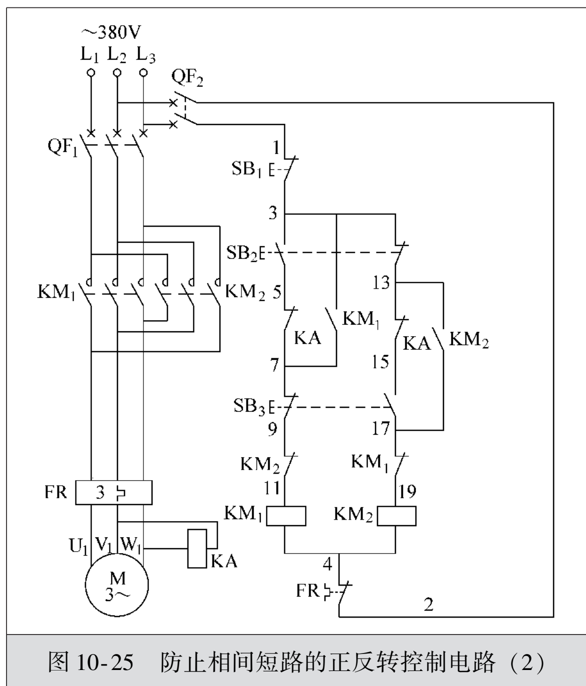


图 10-25　防止相间短路的正反转控制电路（2）

2. 反转起动

当电动机处于正转后，欲反转操作，则按下反转起动按钮 SB_3，SB_3 的一组常闭触点断开，切断正转交流接触器 KM_1 线圈回路电源，那么正转交流接触器 KM_1 线圈则必须先断电释放，KM_1 三相主触点断开，电动机失电停止运转的同时，中间继电器 KA 线圈也随之断电释放，KA 的两只常闭触点也恢复原始常闭状态，才能为反转提供通路，这样，经过中间继电器 KA 的转换，避免了交流接触器在正反转转换时很可能因电动机起动电流很大会引起弧光短路。当 KA 常闭触点恢复常闭状态后，SB_3 的另一组常开触点（早已闭合等待与 KA 常闭触点一起接通反转交流接触器 KM_2 线圈回路电源）接通了反转交流接触器 KM_2 线圈回路电源，KM_2 线圈得电吸合且 KM_2 辅助常开触点闭合自锁，KM_2 三相主触点闭合，电动机得电反转起动。

3. 停止操作

无论电动机处于正转还是反转，欲要停止操作，则按下停止按钮 SB_1，那么正

转交流接触器 KM_1 或反转交流接触器 KM_2 线圈断电释放，KM_1 或 KM_2 三相主触点断开，电动机失电停止运转。

例 161　用 FR－AT 三速设定操作箱控制的变频器调速电路

在很多场所，需多段速度控制，用 FR－AT 三速设定操作箱与变频器配合使用效率理想。可以很方便地通过外接三只开关 S_1、S_2、S_3 来进行控制，使电动机通过变频器得出三种不同的转速来，以满足不同的生产需求。需注意的是：FR－AT 三速设定操作箱与变频器之间必须用屏蔽线进行连接。

本电路的电气原理图如图 10-26 所示。

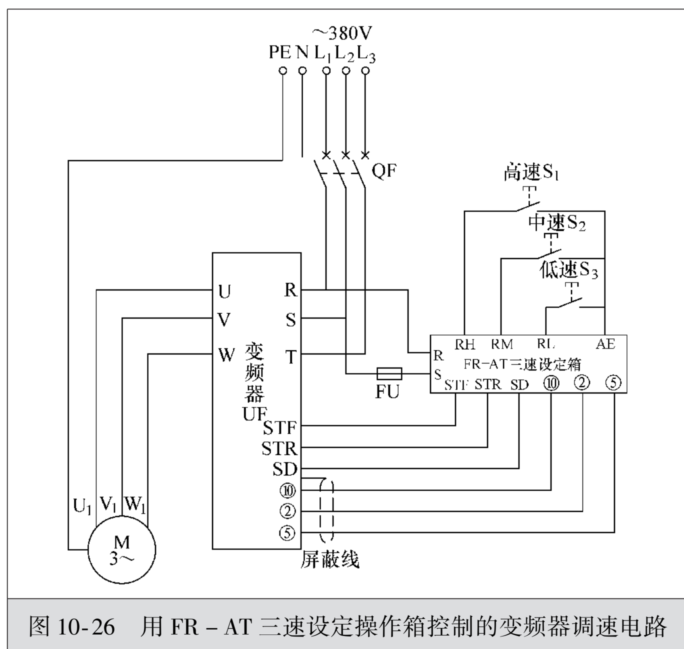


图 10-26　用 FR－AT 三速设定操作箱控制的变频器调速电路

例 162　多台电动机过载保护电路（1）

图 10-27 所示为多台电动机过载保护电路。当任何一台或多台电动机出现过载时，能将所有电动机控制电路切断，使其所有电动机全部同时停止运转。

值得注意的是：由于热继电器 FR_1～FR_4 控制触点电流较小，所控交流接触器线圈的功率不要太大（或数量过多），否则应改变控制方式或扩容。

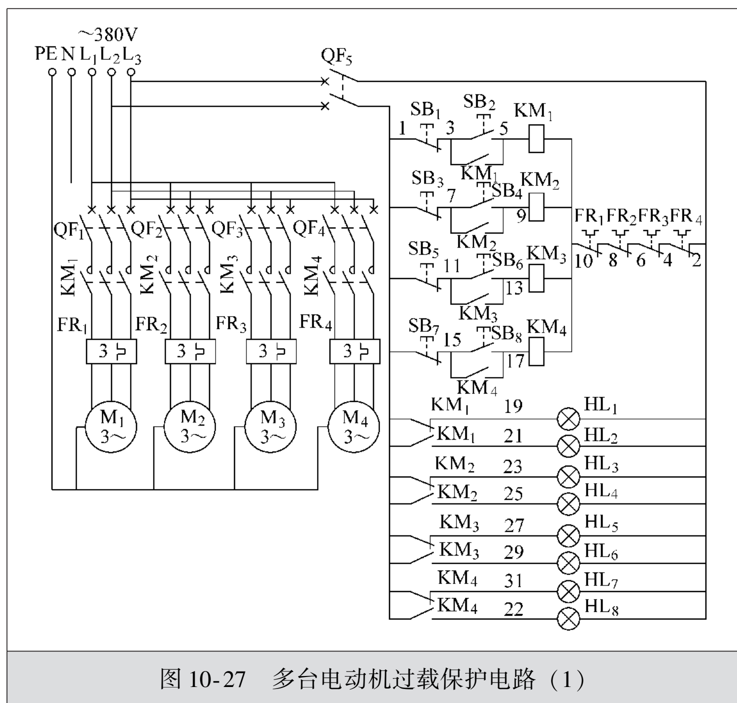


图 10-27　多台电动机过载保护电路（1）

例 163　多台电动机过载保护电路（2）

通常多台电动机过载保护其热继电器控制触点均采用常闭触点串联来实现过载全部停机。但对于电动机台数较多时，因热继电器常闭触点电流较小，很容易损坏，不能满足控制要求。

如图 10-28 所示，将所有热继电器 FR_1 ~ FR_4（1－19）的控制常开触点并联起来，后与中间继电器 KA 线圈串联起来，再将中间继电器 KA 的常闭触点（2－4）串联在四台电动机控制电路中。当任何一台或多台电动机出现过载时，热继电器常开触点动作闭合，接通了中间继电器 KA 线圈电源，KA 线圈得电吸合，其常闭触点（2－4）断开，切断整个控制回路电源，使四台电动机全部停止运转，从而起到过载保护作用。

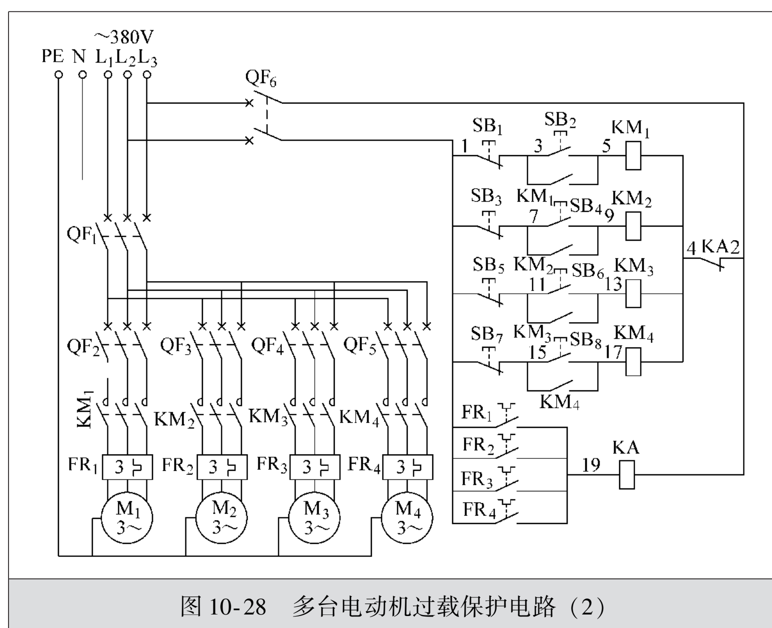


图 10-28　多台电动机过载保护电路（2）

例 164　多台电动机过载保护电路（3）

如图 10-29 所示，此电路过载保护设计为单台保护方式，即四台电动机各自分别进行控制，也就是将各自的热继电器常闭控制触点串联在各自的交流接触器线圈回路中，当某台电动机出现过载时，只能将这台过载的电动机停止下来，而不影响其他电动机的正常运转。

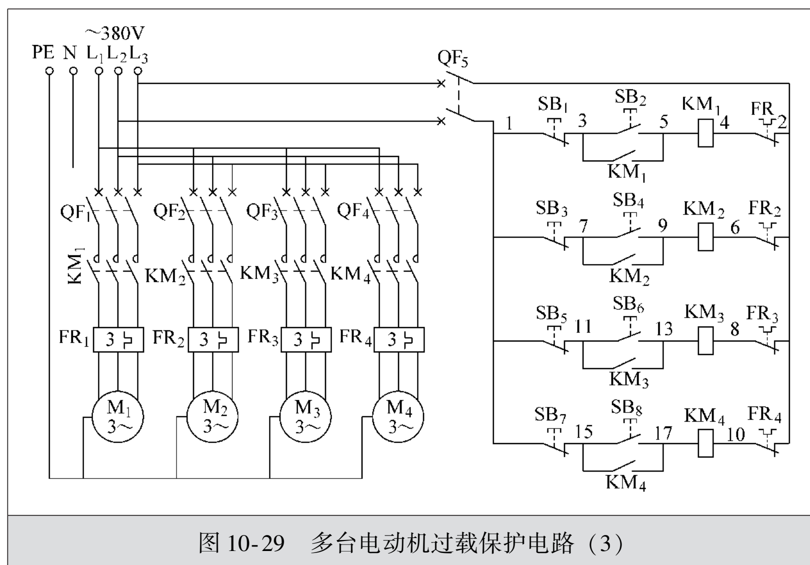


图 10-29　多台电动机过载保护电路（3）

例 165　新中兴 GDH－30 数显智能电动机保护器应用电路接线

新中兴 GDH－30 数显智能电动机保护器除了具有过载、断相、堵转等保护功能外，还能有效地对电路进行三相电流不平衡度监视、三相电流的动态监视、最大电流值监视及起动时间监视。所以说，此保护器是一种理想的智能型电动机保护器。其控制应用电路如图 10-30 所示，接线如图 10-31 所示。

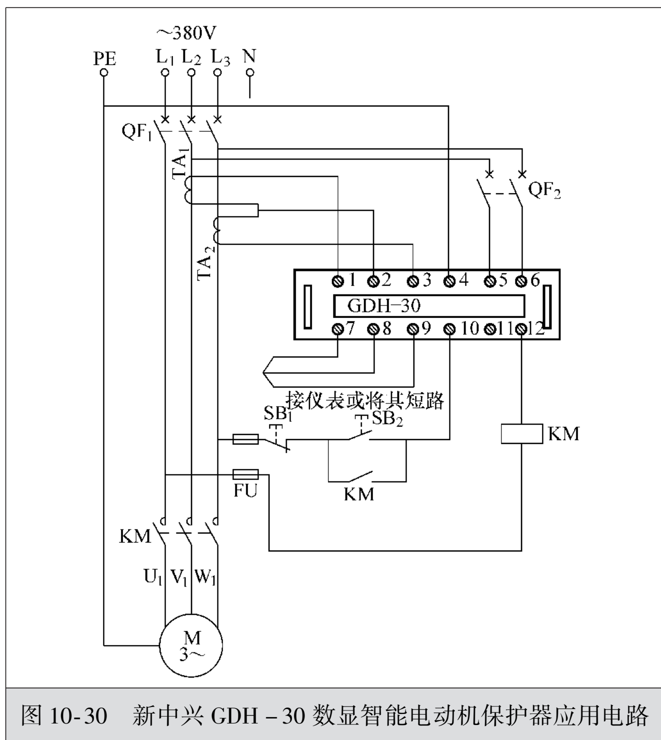


图 10-30　新中兴 GDH－30 数显智能电动机保护器应用电路

首先对 GDH－30 产品的外接端子作一介绍：端子 1、2、3 接电流互感器 TA_1、TA_2；端子 4 接地 PE 线；端子 5、6 接工作电源，本电路为 380V；端子 7、8、9 串接电流表，不用时必须将其用导线全部短接起来；端子 10、12 为内部继电器常闭触点，与外接控制电路串联即可。

当电路电源正常时，保护器内部继电器不动作，其常闭触点闭合，为起动控制做准备。此时，按下起动按钮 SB_2，交流接触器 KM 线圈得电吸合且 KM 辅助常开触点闭合自锁，KM 三相主触点闭合，电动机得以三相电源起动运转；当电路出现过载等故障时，电流互感器 TA_1、TA_2 互感电流变大，保护器动作，内部继电器线圈得电吸合，其常闭触点断开（端子 10、12），及时切断交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，电动机失电停止运转，从而起到保护作用。

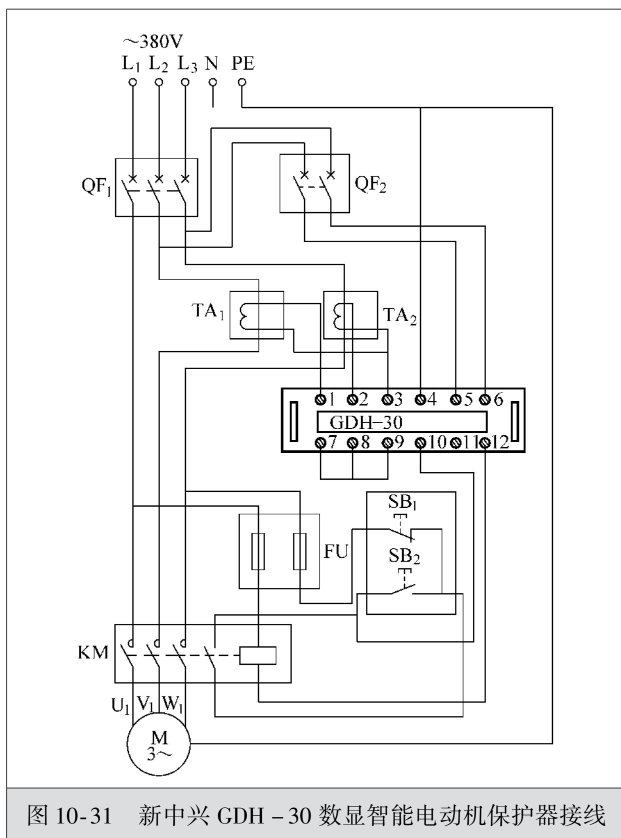


图 10-31　新中兴 GDH－30 数显智能电动机保护器接线

例 166　JD－5 电动机综合保护器接线

JD－5 电动机综合保护器应用非常广泛，当电动机在运转中出现断相、过电流时，综合保护器内部触点动作切断控制交流接触器 KM 线圈回路电源，KM 线圈断电释放，KM 三相主触点断开，从而及时切断电动机回路电源，使其失电停止运转，起到保护作用。电路如图 10-32 所示，接线如图 10-33 所示。

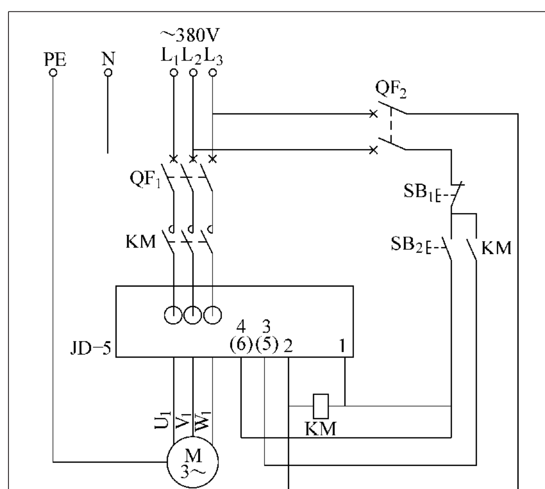


图 10-32　JD－5 电动机综合保护器应用电路

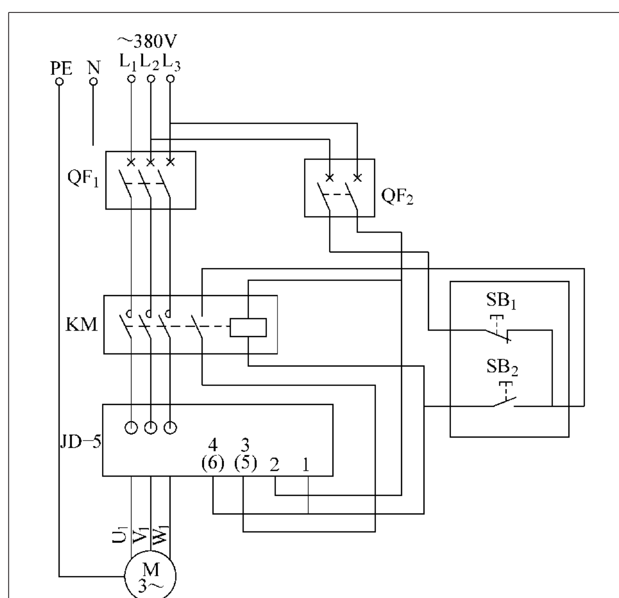
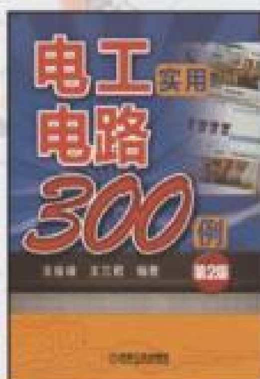


图 10-33　JD－5 电动机综合保护器接线











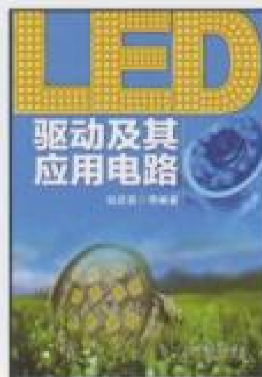








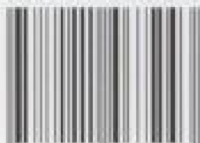






地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
社服务中心：010-88361066
销售一部：010-68326294
销售二部：010-88379649
读者购书热线：010-88379203
网络服务
教材网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952
封面无防伪标均为盗版

上架指导 工业技术／电工技术
ISBN 978-7-111-46724-3
策划编辑◎张俊红



定价：39.80元